

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**TAISTELUPANSSARIVAUNUN SUOJA JALKAVÄEN PANSSARINTORJUNTA-
ASEILTA 2000 - LUVULLA**

Pro Gradu

Kadettikersantti
Tuomo Noronen

Kadettikurssi 90
Maavoimalinja

Maaliskuu 2007

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 90	Linja Maavoimalinja
Tekijä Kadettikersantti Tuomo Noronen	
Tutkielman nimi TAISTELUPANSSARIVAUNUN SUOJA JALKAVÄEN PANSSARINTORJUNTA-ASEILTA 2000-LUVULLA	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Maaliskuu 2007	Tekstisivuja 70 Liitesivuja 0

TIIVISTELMÄ

Kylmän sodan päättymisen uskottiin merkitsevän taistelupanssarivaunujen poistumista taistelukentältä. Viimeaikaiset matalan intensiteetin konfliktit Lähi-idässä ovat osoittaneet taisteluvaunujen tarpeellisuuden säilyneen. Panssaroidun suojan kehitys on aikaisemmin ollut sidoksissa panssarin läpäisemiseen tarkoitettujen aseiden kehitykseen.

Tutkimuksessa selvitetään taistelupanssarivaunujen ballistisen ja aktiivisen suojan teknologioita ja kehitystä lähitulevaisuudessa. Syitä kehityksen eri suunnille haetaan selvittämällä taistelupanssarivaunujen taktista käyttöä lähihistoriasta. Suojan kehitystä tarkastellaan suhteessa jalkaväen käyttämiin, ontelopanokseen perustuviin panssarintorjunta-aseisiin.

Ballistisen suojan materiaaliteknologioita sekä aktiivisia omasuojajärjestelmiä tutkitaan niiden ominaisuuksien osalta, joilla on merkitystä jalkaväen pst-aseiden tehoon. Sinkoaseiden ja pst-ohjusten kehitystä arvioidaan suhteessa tuoreimpaan suojateknologiaan.

Lopputuloksena on arvio siitä, kumpi on ”kilpajuoksussa” johdossa: taistelupanssarivaunun suoja vai panssarintorjunta-ase.

AVAINSANAT

ASETEKNIikka, BALLISTINEN SUOJAUS, KEHITTÄMINEN, KERTASINGOT, KULKUNEUVOT, KULKUNEUVOTEKNIikka, MATERIAALITEKNIikka, OHJUKSET, ONTELOKRANAATIT, PANSSARINTORJUNTA-ASEET, PANSSARIT, PANSSAROINTI, REAKTIIVIPANSSARIT, SENSORIT, SINGOT, SUOJA, SUUNNATTU RÄJÄHDYSVAIKUTUS, OMASUOJAJÄRJESTELMÄT

TAISTELUPANSSARIVAUNUN SUOJA JALKAVÄEN PANSSARINTORJUNTA-ASEILTA 2000-LUVULLA

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen ajankohtaisuus ja tarpeellisuus	4
1.3	Tutkimusmenetelmä, tutkimuskysymykset ja rajaukset	5
1.4	Tutkimuksen viitekehys	6
1.5	Kirjallisuuskatsaus	7
1.6	Lähdekritiikki	7
2	TAISTELUPANSSARIVAUNUT	8
2.1	Yleistä	8
2.1.1	Taistelupanssarivaunujen käyttö nykypäivänä	8
2.1.2	Taistelupanssarivaunujen tulevaisuus	11
2.2	Taistelupanssarivaunun suoja	13
2.2.1	Suunnattu räjähdysvaikutus	13
2.2.2	Ballistinen panssari	16
2.2.3	Aktiivinen panssari	29
2.2.4	Omasuojajärjestelmät	35
2.3	Johtopäätökset	46
3	PANSSARINTORJUNTA-ASEET	50
3.1	Yleistä	50
3.2	Panssarintorjunta-aseiden nykytilanne	50
3.2.1	Sinkoaseet	51
3.2.2	Panssarintorjuntaohjukset	53
3.3	Panssarintorjuntajärjestelmien kehitys	57
3.3.1	Sinkoaseet	60
3.3.2	Panssarintorjuntaohjukset	61
3.4	Johtopäätökset	65
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	67
4.1	Taistelukärjen osuminen ja toimiminen	67
4.2	Panssarin läpäisy	68
4.3	Yhteenveto	69
	LÄHTEET	71
	LYHENTEET	75

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Panssarivaunua käytettiin taistelukentällä ensimmäisen kerran kesäkuussa 1916 Ensimmäisessä Maailmansodassa. Sillä siirrettiin jalkaväkeä taisteluhautojen välillä suojassa konekiväärien tulelta. Saksalaiset kehittivät jo seuraavaan vuoteen mennessä ensimmäisen panssaria läpäisevän luodin. Pst-kiväärit ja kasapanokset olivat yleisimpiä panssarintorjunta-aseita, kunnes vedettävät pst-tykit syrjäyttivät ne sodan loppupuolella. 37mm oli pst-tykkien yleisin kaliiperi.



KUVA 2: Brittiläinen MK IV vaunu, Ensimmäisen Maailmansodan kalustoa. [50]



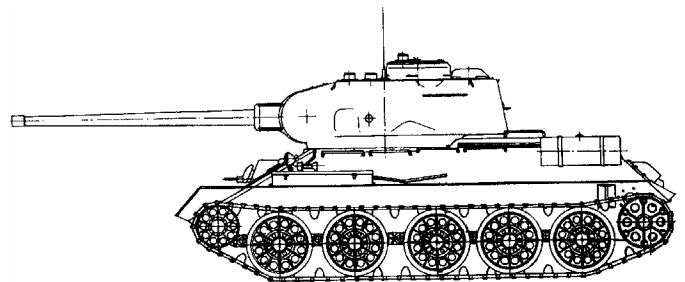
KUVA 1: 13mm Mauser pst-kivääri m/1918. [49]

Toiseen maailmansotaan mennessä panssarivaunujen panssarointi paksuuntui ja materiaalit kehittyivät. Pst-tykit vastasivat tähän kasvattamalla kaliiperiaan isommaksi, jotta ammuksen lähtönopeus ja iskuenergia olisi suurempi paremman läpäisytehon saavuttamiseksi. Vuoteen 1942 mennessä vaunut olivat niin hyvin suojattuja, ettei pst-kivääreillä saanut vaikutusta. Vuonna 1943 keskiverto pst-tykki oli kaliiperiltaan 50-millinen. Seuraavana vuonna itärintaman taisteluiden myötä saksalaiset olivat edelleen kasvattaneet pst-tykkien kaliipereita, nyt 75 ja 88 millimetriin. Puna-armeija joutui vastaavasti käyttämään 100- ja 122-millisiä yleistykkejä (infantry gun) saksalaisten paksusti panssaroituja Tiger- ja Panther-vaunuja vastaan.

Jalkaväen panssarintorjunnassa syntyi läpimurto ontelopanosten (ks. luku 3.2.) käyttöönoton johdosta. Suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuvan taistelukärjen kyky läpäistä metallia on iskunopeudesta ja ampumaetäisyydestä riippumaton. Siten niitä saattoi ampua yhden miehen voimin kannettavista aseista. Aluksi niitä käytettiin kiväärikranaateissa, kunnes keksittiin parempia tapoja saattaa ontelopanos vaunun panssariin. Brittien PIAT:n (Projector, Infantry, Anti-Tank) ammus lensi vahvan jousen laukaisemana, Yhdysvallat käytti rakettimoottorista Bazookaa, saksalaisilla oli Panzerschreck ja Panzerfaust, jotka olivat rekyylittömiä sinkoaseita.



KUVA 3: Panzerfaust 60. [51]



KUVA 4: T-34/85. [54]

Ontelopanokseen perustuvista aseista tuli Toisen Maailmansodan jälkeen maailmanlaajuisesti yleisin keino torjua panssareita, ainakin jalkaväelle. Ontelopanoksen läpäisytehoa pystyttiin kasvattamaan vain yksinkertaisesti suurentamalla panoksen halkaisijaa. Haasteena oli kannettavien pst-aseiden lyhyt kantama. Lisäksi taktiikan kehitys eri aselajien yhdistämiseen entistä alemmilla tasoilla johti siihen, että panssarivaunuilla oli taistelussa lähisuojanaan jalkaväkeä, joka suojeli vaunuja tuhoamalla panssarintorjuntamiehiä ja -aseita.

Yhdysvallat ja Venäjä panostivat 2. MMS:n jälkeisessä tutkimus- ja kehitystyössä raskaisiin sinkoihin. Tästä johtuen maailmalla on edelleen sotilaskäytössä suuri määrä venäläisiä 82- ja 110-millisiä raskaita sinkoja. Suurin osa niistä on Lähi-idässä ja Afrikkalaisissa kehitysmaissa.

Suurvaltojen keskittyessä sinkojen kehitykseen, muualla edistettiin ohjattavien rakettien, ohjusten, saralla. Ensimmäiset pst-ohjukset tulivat palveluskäyttöön 1950-luvun loppupuoliskolla NATO-maissa, kuten Iso-Britanniassa ja Ranskassa. Yhdysvallat tuli viimeisten joukossa mukaan niiden kehittämiseen. Siitä huolimatta sen valmistama BGM-71 TOW on valmistettujen järjestelmien lukumäärän perusteella yhä länsimaisten armeijoiden yleisin pst-ohjusjärjestelmä. Pst-ohjusten

suuri kantama ja tehokas taistelukärki antoi panssarintorjunnalle etulyöntiaseman panssarivaunuihin nähden. Vaunujen heikompi asema kilpajuoksussa pst-aseita vastaan kulmineitui vuonna 1973 Yom Kippur-sodassa, jossa venäläisvalmisteiset pst-ohjukset aiheuttivat Israelin panssarijoukoille raskaita tappioita.



KUVA 5: Ensimmäisen sukupolven pst-ohjus, venäläinen AT-3 Sagger. [52] KUVA 6: M60 Patton. [56]

1970-luvulla panssarimateriaalien tutkimus, erityisesti Isossa Britanniassa ja Neuvostoliitossa, johti komposiitti- ja kerrospanssaroinnin luomiseen. Israelissa keksittiin räjähtävä reaktiivipanssari, joka pian otettiin laajasti muuallakin käyttöön, etenkin Venäjällä.

Reaktiivipanssarilla suojatun taistelupanssarivaunun tuhoamiseksi ontelopanosten halkaisijaa ja kokoa olisi pitänyt kasvattaa niin paljon, että sellaiset aseet eivät olisi enää käsin kannettavia. Kehitettiin kaksoisontelopanos jolla päihitetään reaktiivipanssarointi sekä vaunun heikompaan kattopanssarointiin osuvat Top Attack -ammukset.



KUVA 7: Kolmannen sukupolven Javelin. [53] pst-ohjus



KUVA 8: T-95 "Black Eagle". [57]

1.2 Tutkimuksen ajankohtaisuus ja tarpeellisuus

Monilla suurilla sotilasvaltioilla (Yhdysvallat, Iso-Britannia, Venäjä) on 2000-luvun alussa käynnissä projekteja, joilla pyritään luomaan tulevaisuuden monipuolisiin uhkiin soveltuvat asevoimat, joiden ytimessä ovat uudenlaiset kevyemmät yhtymät. Rakennemuutoksen sekä yleisen doktriini- ja järjestelmäkehityksen painopiste on strategisen ulottuvuuden kasvattamisessa, kalustollisessa harmonisoinnissa ja digitalisoinnissa. Vuoteen 2020 mennessä tämä tarkoittaa panssaroitujen telajoneuvojen osalta ilmakuljetuskelpoisen (C-130, A400M) ja monikäyttöisen kevyen tai keskiraskaan telalavetin kehittämistä. [6] Uudenlaiset panssarivaunujen suojamateriaalit ja -järjestelmät sekä nykyiselle kalustolle suunnitteilla olevat päivitykset ovat tutkimuksen ydinsisältöä.

Panssarintorjunnassa on menossa trendi monikäyttöisten panssarintorjunta-aseiden sekä kolmannen sukupolven panssarintorjuntaohjusten kehittämisessä.

Panssarintorjunta-aseiden ja -ampumatarvikkeiden kehittäminen sekä uudenlaisen liikkuvamman taisteluajoneuvokaluston hankinta ajoittuu useissa suunnitelmissa 2020-luvulle. Usein kuulee puhuttavan sodankäynnin muutoksesta (revolution in military affairs) joka tulee johtamaan muun muassa panssarintorjuntaan käytettävien aseiden roolin muuttumiseen tai asevalikoiman monipuolistumiseen. Nykyisin matalan intensiteetin konfliktit ovat yleisiä suurten konventionaalisten sotien ollessa yhä harvinaisempia.

Panssarivaunujen suoja ja pst-aseita käsittelevää tutkimusta ei ole puolustusvoimissa tehty ainakaan kymmeneen vuoteen. Useissa julkaisuissa eri osakokonaisuuksia on tutkittu, mutta kokoava teos puuttuu.

On tarpeen arvioida kumpi tässä liki satavuotisessa kilvassa on tulevaisuudessa johdossa: panssarivaunu vai panssarintorjunta?

1.3 Tutkimusmenetelmä, tutkimuskysymykset ja rajaukset

Tutkimusmenetelmänä on kartoittava ja kuvaileva asiakirjatutkimus. Tutkimuskohteina olevista järjestelmistä on kartoitettu uusimmat julkaisut ja artikkelit. Näitä vertailemalla sekä asiantuntijahaastatteluista saaduilla tiedoilla on lähteistä koostettu olennaisin informaatio tutkimuskysymysten vastaamiseksi. Tiedot on analysoitu ja johtopäätökset tehty lähinnä teknisestä näkökulmasta. Yksityiskohtaista teknistä numerotietoa ei ole julkaistu tarpeeksi matemaattisen analyysin tai vertailun toteuttamiseksi. Aihetta käsitellään teknisestä näkökulmasta, mutta koska sotatekninen kehitys on aina sidoksissa taistelukentän vaatimuksiin on tarpeen käsitellä myös kehitykseen vaikuttavaa taktista toimintakenttää.

Tutkimuksen pääkysymys on:

”Miten taistelupanssarivaunu on suojattu jalkaväen panssarintorjunta-aseilta 2000-luvulla?”

Vastauksen saamiseksi pääkysymykseen on käsitelty seuraavia alakysymyksiä:

”Mikä on taistelupanssarivaunujen rooli 2000-luvulla?”

”Missä määrin vuonna 2006 käytössä olevia vaunuja käytetään tulevaisuudessa?”

”Mitä eri panssarointimateriaaleja ja –teknologioita käytetään nyt ja mitkä ovat niiden kehitysnäkymät?”

”Mitä kannettavia panssarintorjunta-aseita on olemassa, miten ne toimivat, mikä on niiden tulevaisuus?”

”Mitä sellaisia teknologioita on suunnitteilla, joilla voisi olla merkitystä panssarin ja panssarintorjunnan kilpailussa?”

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää johdannossa kuvatun panssarin ja panssarintorjunnan kilpajuoksun nykytila ja ennustaa tilanne 2020-luvulle saakka arvioimalla ja vertailemalla nykyisiä järjestelmiä sekä käynnissä olevaa tutkimus- ja kehitystyötä molempien teknologioiden alalla.

Tutkimuksessa panssarivaunun suojaa käsitellään niiden ominaisuuksien osalta, jotka vaikuttavat panssarintorjunta-aseen ja ammuksen osumis- ja tuhoamistodennäköisyyteen. Vaunun aseiden, liikkumiskyvyn tai taistelutekniikan vaikutusta ei huomioida, vaan vaunua tarkastellaan staattisena maalina, joka

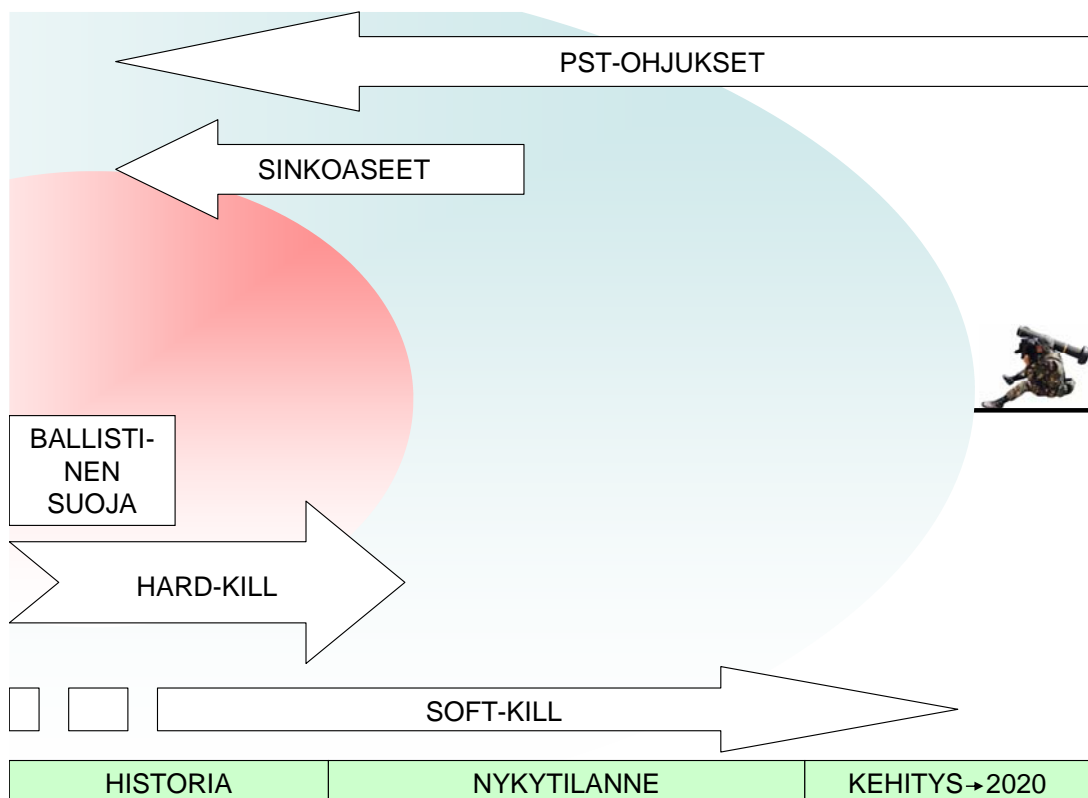
aktiivisilla järjestelmillään ja sisäänrakennetuilla ominaisuuksillaan pyrkii estämään ja kestämään ulkopuolisen asevaikutuksen.

Panssarintorjunta-aseilla tarkoitetaan jalkaväen kannettavia lähi-, keski- ja kaukotorjunta-alueen panssarintorjuntajärjestelmiä. Epäsuoran tulen pst-ammukset, miinat, ilma-aluksista ja ajoneuvoista ammuttavat pst-ohjukset ja -ammukset on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. Asetta käyttävän ampujan taitoon vaikuttavia teknologioita, kuten laskintähtäimiä tai pimeätähtäimiä, ei tutkita.

Lähteiden saatavuudesta johtuen tutkittavat teknologiat ovat länsimaisia tai venäläisiä.

Tutkittava aihe sisältää monimutkaisia teknisiä rakenteita, joita on pyritty selventämään kuvin. Suurinta osaa kuvista on muokattu, jotta ne palvelisivat tutkimuksen selkeyttä mahdollisimman hyvin. Kuviin on saatettu yhdistää muista lähteistä saatua informaatiota. Tällöinkin viitataan vain kuvan lähteeseen, tekstistä ilmenee muun tiedon lähde. Sellaiset kuvat, joille ei ole merkitty lähdetä, ovat itse tehtyjä.

1.4 Tutkimuksen viitekehys



KUVA 6: Tutkimuksen viitekehys

1.5 Kirjallisuuskatsaus

Aihetta käsitteleviä lähteitä on runsaasti. Sotateknologian kehitystä tutkivia teoksia on sekä kotimaisia että ulkomaisia. Kotimaisista lähteistä merkittävämpiä ovat Digitaalinen taistelukenttä, Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas, Sotatekninen arvio ja ennuste (STAE) 2020 sekä Taisteluvälineet 2020. Tärkeitä lähteitä ovat myös erilaiset sotilasalan kansainväliset julkaisut, kuten Jane's Defence Review ja Defence Weekly, Military Technology, sekä Brassey'n jalkaväkiaseita ja vaunuja koskevat teokset. Jane's Armour and Artillery 2005 – 2006 ja sen lisäosa Upgrades 2005 – 2006 tarjoaa luotettavaa tietoa panssarivaunuista. Kaikkein ajantasaisin tieto löytyy viikoittain tai kuukausittain ilmestyvistä sotilaslehdistä sekä internetistä. Tekniikan lisensiaatti Jukka Merikoski PVT:llä on tutkinut paljon panssarimateriaaleja ja ontelopanoksia. Kadettikersantti Riku Rantakarin tutkielma vuodelta 2001 käsittelee panssarivaunujen aktiivisia suojajärjestelmiä.

1.6 Lähdekritiikki

Yksityiset puolustusteolliset yritykset ovat nykyään kehityksen kärjessä kansainvälisten aseteknologiemarkkinoiden laajentumisen myötä. Suuri osa tiettyjä järjestelmiä koskevasta teknisestä informaatiosta on valmistajan ilmoittamaa, joskus liioiteltua tai tarkoitushakuista mainospuhetta. Sama pätee myös moniin valtiollisiin asevalmistajiin; esimerkiksi venäläisten asevalmistajien mainoksiin tulee suhtautua varauksella, etenkin omasuojajärjestelmien osalta. Jos jostain järjestelmästä ei löydy muuta tietoa kuin mitä valmistaja ilmoittaa esimerkiksi internet-sivuillaan, arvioidaan tietoja vertailemalla niitä vastaaviin muiden valmistajien laitteisiin.

Joistakin kehitteillä olevista järjestelmistä ei ole yhtään julkista lähdettä, vaan pelkästään huhuja ja spekulatiota. Näiden todenperäisyyden ja painoarvon määrittämisessä on arvioitu mahdollisen lähteen asema ja auktoriteetti.

Internetistä haettuja kuvia on vertailtu muissa lähteissä oleviin samaa aihetta esittäviin kuviin niiden todenperäisyyden varmistamiseksi.

2 TAISTELUPANSSARIVAUNUT

2.1 Yleistä

Taistelupanssarivaunut ovat panssaroinnin ja muun suojan osalta kehityksen kärjessä muihin ajoneuvotyyppeihin, kuten rynnäkkö- tai miehistönkuljetusvaunuihin, verrattuna.

2.1.1 Taistelupanssarivaunujen käyttö nykypäivänä

Israelin panssarivaunuteknologiaa pidetään maailman kehittyneimpänä. Jatkuvat matalan ja keskitason konfliktit palestiinalaisten äärijärjestöjen sekä niitä tukevien ryhmittymien kanssa on pitänyt Israelin Puolustusvoimat aktiivisina. Useat sodat naapurivaltioiden kanssa lähimenneisyydessä ovat vaatineet konventionaalista asevoimaa ja sotatekniikkaa. Libanonin operaatio vuonna 2006 oli eräänlainen välimuoto edellämainituista konfliktimuodoista. Taistelupanssarivaunujen kehityksen selvittämisessä käytän yhtenä esimerkkinä Israelin panssarikaluston kehitystä.

Suuren, konventionaalisiin joukoin käytävän sodan riski on Israelin Puolustusvoimille (IDF), ainakin lähitulevaisuudessa, verrattain pieni. Yhdysvaltain sitouduttua Irakiin ainoat uhanalaiset suunnat ovat Syyria ja Egypti. Kasvavassa määrin trendi onkin matalan intensiteetin konflikteissa (LIC = Low Intesity Conflict) rauhanturvaamisen, rauhaanpakottamisen ja terrorismintorjunnan keinoin. Vuoden 2006 loppukesästä käyty sota Etelä-Libanonissa Hizbollahia vastaan osoitti jälleen asymmetrisen sodankäynnin vaikeuden. Kolme suurinta uhkaa IDF:n joukoille olivat panssarintorjuntaohjukset, sinkojen ammukset sekä kaukolaukaistut improvisoidut räjähteet (IEDs = Improvised Explosive Devices). Samat uhat ovat konkreettisia myös Yhdysvaltain johtaman liittouman sotilaille Irakissa ja Afganistanissa. [27]

”Yom Kippur”-sota lokakuussa 1973 paljasti IDF:n panssareiden haavoittuvuuden kannettaville panssarintorjunta-aseille. Tästä opiksi ottaneena seuraavassa konfliktissa Libanonia vastaan operaatiossa ”Peace for Galilee” vuonna 1982, IDF oli varustanut M60-taistelupanssarivaununsa räjähtävällä reaktiivipanssaroinnilla (ERA) ensimmäisenä maailmassa.

Ongelmat eivät loppuneet vaikka kaikki taistelupanssarivaunut saatiin suhteellisen hyvin suojatuksi jalkaväen pst-aseilta. IDF:n mekanisoidun jalkaväen kuljettamiseen käytetyt amerikkalaiset M113-miehistönkuljetusvaunut olivat yhä haavoittuvia. ”Blazeriksi” kutsuttu reaktiivipanssari oli sekä liian raskasta että liian vaarallista;

räjähtäessään se aiheuttaisi vaurioita ohuesti panssaroidulle ajoneuvolle, johon se on asennettu. Konfliktin päätyttyä tunnistettiin myös tarve raskaasti panssaroidulle raivaus/pioneeriajoneuvolle sekä raskaalle taistelupanssarivaunulle, joka soveltuisi myös LIC-operaatioihin. [27]

Israelilaiset tulivat siihen johtopäätökseen, että kotimaisesti valmistettua Merkava-taistelupanssarivaunua lukuunottamatta IDF:n panssarikaluston suoja oli riittämätön. Koska siihen aikaan ei kyetty valmistamaan tarpeeksi Merkava-vaunuja vanhemman kaluston korvaamiseksi oli kehitettävä vaihtoehtoisia ratkaisuja vanhojen alustojen selviytyvyyden (survivability) lisäämiseksi. [27]

Heikko kansallinen tappionsietokyky ja rajoitetut resurssit ajoivat kohti ennakkoluulottomia suojaratkaisuja. Israelin sotatekniset suunnittelijat loivat käsitteen ”integroitu selviytyvyys” (integrated survivability). Sen keskeisenä sisältönä on suunnitella suojan eri osakokonaisuudet (ks. KUVA 25) – havaitsemisen, osumisen ja läpäisyn estäminen sekä vahinkojen minimointi - yhdeksi kokonaisuudeksi alusta alkaen. Myös kauko-ohjattujen ja miehittämättömien ajoneuvoaseiden kehitystyö nähdään olennaisena osana selviytyvyyden parantamista. [27]

Kehityksen painopiste on 90 – ja 2000-luvulla ollut Merkava (suom. ”vaunu”) -sarjan taistelupanssarivaunuissa. Niiden suunnittelussa on toteutettu niin sanottua ”teleskoopista kehittämisprosessia” ; ensimmäisen tuotantoversion käytännön kokemuksista saadut oivallukset sisällytetään uudemman mallisiin vaunuihin ja jälkiasennetaan tai päivitetään vanhempiin. Näin saavutetaan erittäin lyhyt sykli kehitystyöstä käytännön sovellukseen. Parhaimmillaan sopeutuminen muuttuneisiin operatiivisiin vaatimuksiin tapahtuu muutamassa päivässä. Israelilaiset pitävät hyvänä esimerkkinä vaunujensa selviytyvyydestä välikohtausta marraskuulta 2005, jossa Merkava Mk 2:n miehistö selviytyi vahingoittumattomana Hizbollahin ampuman seitsemän pst-ohjuksen, mm. Fagot, osumasta. [19]

Merkava Mk 4:n kehitystyö alkoi 1999. Ensimmäistä kertaa pahimpana uhkana ei nähty toista taistelupanssarivaunua, vaan yksittäisen taistelijan ampuma panssarintorjuntaohjus. Puolustusministeriö kutsuikin Mk 4:ää monikäyttöiseksi taisteluajoneuvoksi (Multi-purpose Fighting Vehicle), sillä sana taistelupanssarivaunu viittaa tavanomaiseen sodankäyntiin siinä missä Mk 4 on suunniteltu LIC-operaatioihin. Suunnittelussa on panostettu, kuten koko Merkava-perheessä, suojaan

ja miehistön selviytymiseen. Yli 70 prosenttia Mk 4:n 65 tonnin painosta on käytetty suojaan. Uutena innovaationa on käytetty modulaarista hybridipanssarointia, jossa panssarointi koostuu vaihdettavista elementeistä. Kun vaunu saa osuman, tarvitsee vain vahingoittunut panssarielementti vaihtaa. Vaunun panssarointia on helppo vaihtaa uhkakuvan muuttuessa esimerkiksi ontelopanosaseista vaunukanuunoiden nuoliammuksiin. Pääinsinöörin mukaan Mk 4 saavuttaa lopullisen muotonsa 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppuun mennessä; yleensä Merkava-mallin kehitystyö prototyypistä sarjatuotantoon vie kuudesta kahdeksaan vuotta. [27]

Vuoden 2006 konflikti Hezbollahin kanssa Libanonissa oli suurin taistelu venäläisvalmisteisten panssarintorjuntaohjusten ja israelilaisvaunujen välillä sitten vuoden 1973 Yom Kippur-sodan. Hizbollah käytti Merkava 4 vaunuja vastaan parhaita pst-ohjuksiaan: Metis-M 9M131:ä ja AT-14 Kornet-E 9P133:a. Merkava 2 ja Merkava 3 Baz – vaunujen tuhoamiseen käytettiin 9K113 Konkurs (AT-5) ja 9K111 Fagot (AT-4) - ohjuksia sekä RPG-29 – sinkoja. [16]

Näiden lisäksi sissien aseistukseen kuului iranilaisvalmisteiset Towsan-1/M11 ja Raad-ohjukset, jotka ovat venäläisohjusten modifioituja versioita. Vihollinen ampui noin 500 pst-ohjusta Israelin joukkoja kohti (joista osa muita maaleja kuin panssarivaunuja kohti) ja 50 Merkava-vaunua sai osuman, joista 21:een tuli läpäisy. Jokaista operaatiossa käytettyä Merkava-tyyppiä tuhoutui, yhteensä 14 vaunua. Paljon tyytymättömyyttä aiheutti IDF:n saamattomuus aktiivisten omasuojajärjestelmien hankinnassa ja käyttöönnotossa. Sissien käyttämät ohjukset edustavat pääosin 1970- ja 80-lukujen teknologiaa, joten suurin osa osumista olisi ollut vältettävissä soft kill – omasuojajärjestelmien laserilmaisimilla, automaattisavuheittimillä ja infrapunahäiritsijöillä sekä Trophyn kaltaisella hard kill -omasuojajärjestelmällä (ks. kappale 2.2.4). Myös taktisten ja taisteluteknisten virheiden on katsottu osaltaan vaikuttaneen IDF:n vaunujen tappioihin. Ilman Merkava-vaunujen korkeatasoista ballistista suojaa läpäistyjen vaunujen määrä olisi ollut suurempi. IDF:n tavoitteena on lähitulevaisuudessa saavuttaa aktiivisilla omasuojajärjestelmillä taistelupanssarivaunuilleen 360 asteen suoja jopa ylhäältä tulevia hyökkäyksiä vastaan. [27],[19]

2.1.2 Taistelupanssarivaunujen tulevaisuus

Viime vuosina on keskusteltu paljon siitä, mikä on taistelupanssarivaunujen tarve tulevaisuudessa. Moni asiantunteva taho on esittänyt että konventionaalinen, raskas taistelupanssarivaunu on aikansa elänyt. Tätä näkemystä perustellaan sodankäynnin muutoksella, josta esimerkkeinä on Afganistanin ja Irakin sodat 2000-luvulla. Teoreetikot argumentoivat niiden tarpeettomuutta sillä, että taisteluvaunu on suunniteltu vain kohtaamaan toinen taisteluvaunu keula edellä ja tuhoamaan se. Jos vihollisella ei ole taisteluvaunja, niin mitä toinenkaan osapuoli niillä tekisi?

Taistelupanssarivaunuja, niin kuin mitä tahansa kalliita sota-aluksia, voivat hankkia vain valtiolliset armeijat niiden korkean hinnan ja monimutkaisen teknologian vuoksi. Siksi erinäisillä vastarintaliikkeillä tai sissiryhmillä ei ole niitä käytössään. Ajatellaan, että asymmetrisiä konflikteja ja asutuskeskustaistelua varten tarvitaan vain kevyitä ja keskiraskaita panssariajoneuvoja.

Yhdysvallat teki samoja johtopäätöksiä kun se aloitti 2000-luvun alussa tulevaisuuden maavoimien kehittämiseen tähtäävän projektin nimeltä Future Combat System (FCS). Sen tavoitteena on ensimmäisessä vaiheessa luoda noin prikaatin kokoinen nopean toiminnan joukko, joka voidaan ilmakuljettaa minne tahansa maailmassa 96:ssa tunnissa. [3] Iso-Britannia kehittää samankaltaista kykyä Future Rapid Effect System (FRES) - konseptilla. Molemmissa on sama päämäärä: Luoda teknologisesti ylivoimainen ilmakuljettainen, mutta silti iskuvoimainen mekanisoitu maataistelujoukko.

Future Combat System pyrkii luomaan yhtymän, jossa kaikki aseet ja sensorit ovat integroitu yhtenäiseen tietoverkkoon. Tässä konseptissa panssariajoneuvojen suojan yksi ulottuvuus on pitkälle kehittynyt tilannetietoisuus, mikä edellyttää erilaisten miehittämättömien lennokki- ja sensortechnologioiden kehitystyötä. Vaikka FCS:n eri järjestelmiä kehitetäänkin rinnakkain, etenee tutkimus- ja kehitystyö vaihtelevalla nopeudella. Yhdysvaltain maavoimat esitteli ensimmäiset toimivat FCS:n teknologiaprototyypit yleisölle vasta 2006. Ne olivat viesti- ja johtamisjärjestelmiin sekä lennokkeihin liittyviä sähkijärjestelmiä. [42]

Rauhanturvaamiseen keskittyvien asevoimien katse on monissa valtioissa keskittynyt kevyisiin ja keskiraskaisiin panssariajoneuvoihin. Taisteluvaunujen taktinen

ylivoimaisuus on kuitenkin kiistattomasti ylivoimainen selviytyvyyden ja tulivoiman suhteen. Viimeaikaiset Lähi-idän kokemukset ovat osoittaneet miten pelkästään kevyttä jalkaväkeä ja sissejä vastaan on riskialtista taistella kevyillä panssariajoneuvoilla.

Asutuskeskustaistelussa tarvitaan vahvasti suojattuja ajoneuvoja. USA:n ja Ison-Britannian joukot ovat oppineet tämän kantapään kautta Irakissa, missä improvisoidut räjähteet, tienvarsipommit, sekä halvat RPG-singot aiheuttavat tappioita kevyesti panssaroiduille ajoneuvoille. On olemassa näkemys taisteluvaunujen poliittisesta epäkorrektiudesta; ei haluta provosoida paikallista väestöä marssimalla paksuilla vaunuilla pitkin katuja, vaan operoidaan kevyemmillä ajoneuvoilla. Tässäkin on kokemus todistanut, että isojen taisteluvaunujen luoma psykologinen pelote on tehokkain vaikutin. On toki selvää, että globaalissa voimatasapainossa tapahtuneiden muutosten takia tietyillä asevoimilla ei enää ole tarvetta ylläpitää suuria panssaroituja yhtymiä pelkästään puolustuksellisiin tarpeisiin. Silti valtiolla, joka on vain ”ystävällisten” naapureiden ympäröimä saattaa olla perusteltua ylläpitää raskasta vaunukalustoa käytettäväksi kansallisen tai koalition edun turvaamiseen muissa maailman kolkissa. [25]

Viimeaikaisia kalustopäivityksiä ja –hankintoja tarkasteltaessa havaitaan tässä suhteessa tapahtunut asenteiden muutos tai ”normalisoituminen”.

Kanada päätti vuonna 2006 perua jo suunnitellun STRYKER 8x8 MGS (Mounted Gun System) - taisteluajoneuvohankinnan, jonka oli määrä korvata vanhentunut Leopard 1C2 - vaunusto. Sen sijaan hankintaan budjetoidut määrärahat käytetään olemassa olevan taisteluvaunukannan modernisointiin ja ylläpitoon. Kanadan lisäksi ainakin USA, Ranska, Saksa, Israel ja Venäjä modernisoivat 2000-luvun alussa raskasta panssarikalustoaan selviytyvyyden ja asutuskeskustaisteluominaisuuksien parantamiseksi.

Uusia taisteluvaunuja lisäksi ostetaan jatkuvasti. Algeria teki vuonna 2006 sopimuksen Venäläisen Rosoboronexportin kanssa 180:n T-90S-taisteluvaunun toimittamisesta vuoteen 2011 mennessä. [26]

Samanlainen kauppa tehtiin Intiaan. Korkeatasoiset viranomaiset Intiassa sanovat uusien taistelupanssarivaunujensa olevan kansallisen puolustuksen uskottavuuden kannalta tärkein pelote heti ydinaseen jälkeen. Kreikka saa vuoden 2006 loppuun

mennessä 183 päivitettyä Leopard 2A4-vaunua joiden lisäksi se aloitti Leopard 2 HEL-taisteluvaunun kotimaisen tuotannon lisenssillä, joka käsittää yhteensä 170 taisteluvaunua. [20] Myös Lähi-idän konflikteissa paljon käytetty ABRAMS-taisteluvaunu löysi hiljattain uuden asiakkaan Australiasta, jolle toimitettavat 59 ABRAMS M1A1 AIM-vaunua saavuttavat operatiivisen käyttöasteen vuoden 2008 loppuun mennessä. [18],[25]

2.2 Taistelupanssarivaunun suoja

Kun nykyisiä taistelupanssarivaunuja suunniteltiin, oli lähtökohtana suojata ne ensisijaisesti vihollisen taistelupanssarivaunun vaunukanuunan nuoliammukselta. Kylmän sodan päättymisen jälkeen suurin uhka taisteluvaunuja vastaan ovat olleet pst-aseet.

Kohteen suoja on kokonaisuus, jolla pyritään suojaamaan kohde vihollisen tiedustelulta, paikantamiselta ja asevaikutukselta. Kohteen suojaan kuuluu häiveominaisuudet (emissioiden hallinnan ja häiveteknologian sekä maastouttamisjärjestelmien käyttö, joilla estetään paljastuminen), liike (estetään vaikuttaminen paljastuneeseen kohteeseen), harhauttaminen (vaikeutetaan maalinvalintaa), omasuojajärjestelmä (estetään asevaikutus valittuun maaliin), ballistinen ja NBC-suoja (estetään läpäisy) sekä tuho vaikutuksen minimointi (esimerkiksi osastointi, palontorjunta ja puhdistusjärjestelmät). [6]

Kun suojaa tarkastellaan pst-aseen näkökulmasta rajautuu NBC-suojaus pois. Liikkeeseen vaikuttaa niin monia suureita, kuten maasto, sääolosuhteet, koulutus ja taistelutekniikka, että myös se on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle. Samalla perusteella häiveominaisuuksia ei käsitellä, vaan tutkimusasetelmana on tilanne, jossa maali eli vaunu on havaittu ja pst-ammus tai -ohjus laukaistu sitä kohti.

2.2.1 Suunnattu räjähdysvaikutus

Jalkaväen panssarintorjunta-aseiden vaikutus panssariin perustuu muutamaa lähes poikkeuksetta suunnattuun räjähdysvaikutukseen. Ontelopanos on yleisin pst-ammuksissa käytetty panostyyppi, ylilentoammuksissa käytetään räjähtämällä muotoutuvaa ammusta.

Ontelopanoksia käytettiin tietävästi ensi kertaa keväällä 1940, saksalaisten erikoisjoukkojen räjäyttäessä belgialaisen Eben Emaelin linnoituksen asepesäkkeiden teräksisiin suojakupuihin reiät varsinaisten pommien ujuttamiseksi rei'istä sisään. [40]

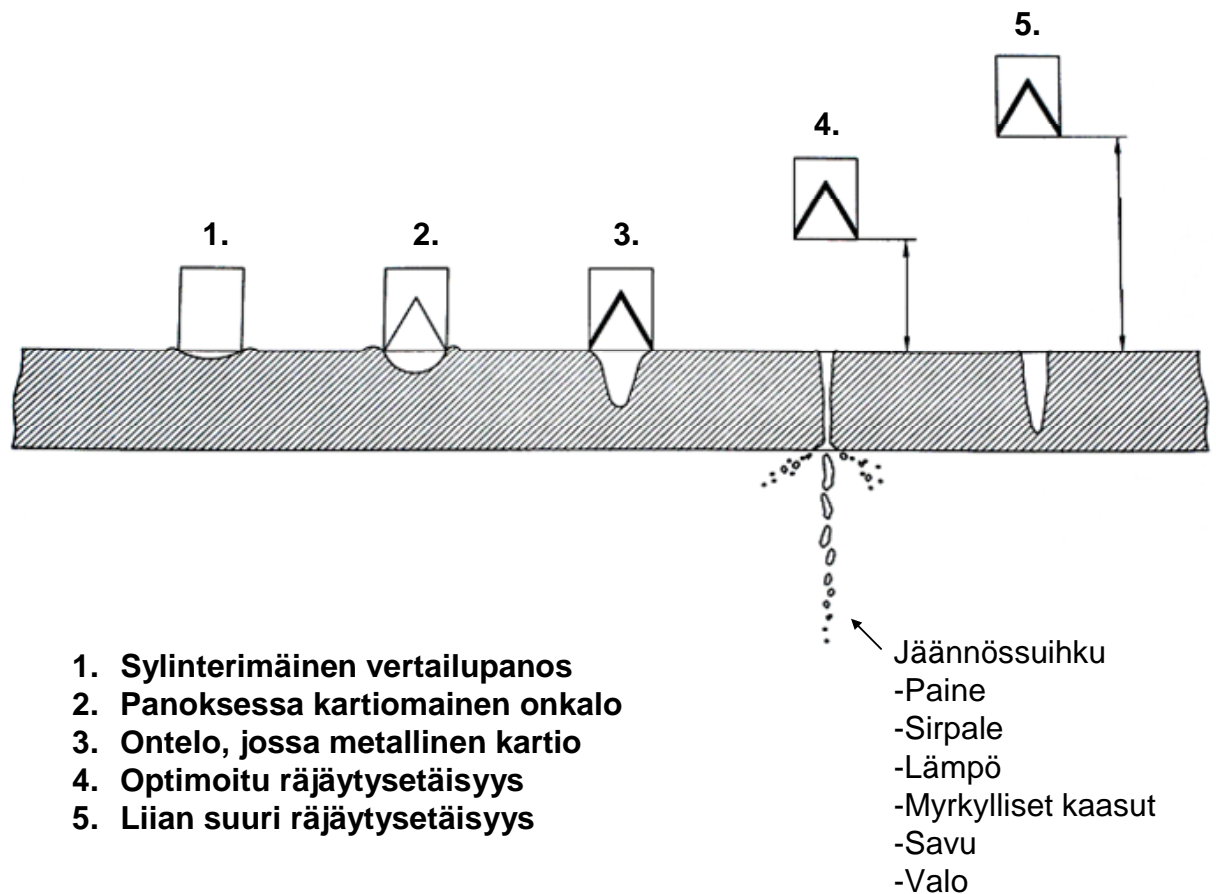
Tyypillisesti ontelopanos koostuu karkeasti ottaen metallisesta kartiosta, jota ympäröi räjähdysaine. Suunnattu räjähdysvaikutus muodostaa kartiometallista suurinopeuksisen suihkun (shaped charge jet), joka purkautuu panoksen pituusakselin suunnassa kartion pohjan keskilinjalla. Tätä kutsutaan Monroe-efektiksi. Detonaatorintama etenee räjähdysaineessa 5000 – 8000 m/s ja aikaansaa impulssimomentin, joka paistaa metallipartikkelit liikkeelle ohuena nauhana jopa 10000 m/s nopeudella. Kärki- ja jälkisuihkun nopeuseroista johtuen suihku venyy edetessään. Läpäisyn kannalta on tärkeää, että suihku pysyy suorana ja että partikkelit osuvat pienelle alalle kraaterin pohjalle. [40],[7]

Kärkisuihkun lämpötila on alle metallin sulamispisteen. Läpäisy perustuu metallin ominaisuuteen, jota kutsutaan hydrodynaamiseksi ilmiöksi; kun pienelle alalle kohdistuu äkillinen suuri paine niin materiaalin lujuusominaisuuksilla ei ole enää ratkaisevaa merkitystä koska metalli käyttäytyy tässä tapauksessa nesteen tavoin. Ontelosuihku pakottaa liike-energiallaan panssarimetallin väistymään tieltään. Suihkulla ei ole muuta energiaa kuin liike-energiaa, siksi kartiossa käytetyn metallin tiheydellä ja sitkeydellä on merkitystä. Yleisin materiaali on kupari, mutta kartiossa voidaan käyttää myös terästä, alumiinia, volframia, tantaalia, kultaa tai köyhdytettyä uraania. [40],[7]

Ainoastaan pieni osa metallikartion kokonaismassasta (~15%) muodostaa läpäisevän kärkisuihkun, suurin osa jää suihkun hitaampaan jälkiosaan. Jälkiosa ei läpäise panssaria vaan jää sen ulkopuolelle. Se muistuttaa muodoltaan porkkanaa (slug) ja joskus virheellisesti assosioidaan suihkun läpäisevään kärkiosaan. [7],[71]

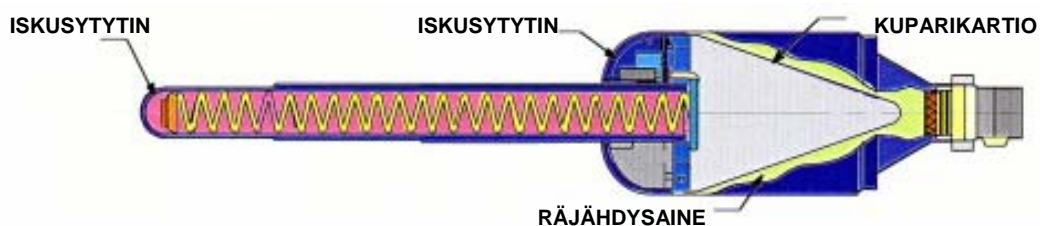
Onteloammukset ovat useimmiten pyrstövakautettuja pyörimisen estämiseksi, sillä pyöriessään ontelosuihku leviää isommalle pinta-alalle jolloin läpäisy heikkenee. [7]

Ontelopanoksen läpäisyyn vaikuttaa ratkaisevasti niin sanottu Stand-off – etäisyys eli panoksen räjäytysetäisyys panssarista.



KUVA 7: Eri tyyppisten ontelopanosten tunkeuma panssariin. [71]

Optimiläpäisy saadaan, kun panoksen räjäytysetaisyys maalista on noin 5 – 7 kertaa kaliiperi. Tämän vuoksi ontelopanoksella varustetuissa pst-ammuksissa sytytin joudutaan sijoittamaan ammuksen kärjestä lähtevän putken päähän ja ontelopanos sijoittamaan taaemmas. [7]



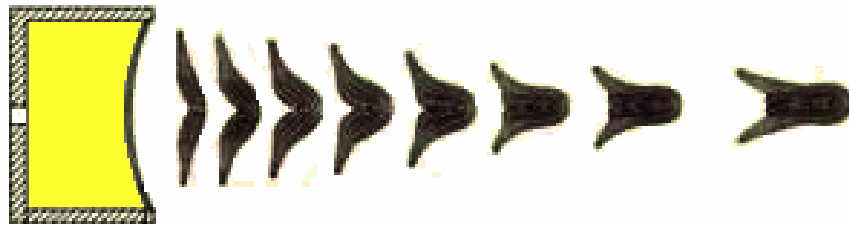
KUVA 8: TOW2-ohjuksen taistelukärki. [3]

Ontelopanoksen tuhovoima perustuu läpäisyn jälkeiseen vaikutukseen. Ontelosuihkun tekemästä reiästä vaunun sisälle sinkoutuu sirpaleita ja painetta. Suihkun osuessa esimerkiksi taistelupanssarivaunun ammusosastoon, vaunu tuhoutuu. Osuma moottoriin tai voimansiirtokoneistoon tekee siitä liikuntakyvyttömän.

Suihku saattaa myös läpäistä vaunun aiheuttamatta suurempia vaurioita, jos osumakohta ei ole kriittinen. [71]

Paras läpäisykyky saadaan teräväkulmaisella noin 50 asteen kartiolla varustetulla panoksella. Läpäisy edellyttää tällöin tarkkaa Stand-off-etäisyyttä.[7]

Toinen pst-ammuksissa käytetty panos perustuu räjähtämällä muotoutuvaan ammukseseen (EFP, Explosively Formed Projectile). Panoksen vuoraus on pallokalotin muotoinen tai erittäin tylppä kartio, noin 150 – 160 astetta. Koko kartion massa muotoillaan räjäyttämällä kiinteäksi symmetriseksi ammuksiksi, joka lentää vakaasti panoksen pituusakselin suunnassa suurella nopeudella (noin 1500 – 2000 m/s). [7]



KUVA 9: Räjähtämällä muotoutuvan ammuksen toiminta
0 μ s – 400 μ s. [43]

Ammuksen läpäisy on paljon heikompi, mutta Stand-off-etäisyys ei ole läpäisyn kannalta läheskään yhtä kriittinen. Joissain tykistön tytärammuksissa räjäytysetäisyys on jopa 200 metriä. [7]

2.2.2 Ballistinen panssari

Maailmansotien aikaan ajoneuvoihin saatiin suojaa käsiaseiden tulta, räjähtäviltä ammuksilta ja myöhemmin onteloammuksilta kasvattamalla panssaroinnissa käytettyjen teräslevyjen paksuutta ja kehittämällä metallurgisesti panssariteräksen fyysisiä ominaisuuksia. 1960-luvulla lopulta todettiin ettei taisteluajoneuvon panssarin määrää voida loputtomasti kasvattaa. Alettiin tutkia uusia panssarointitapoja käyttämällä muita materiaaleja ja rakenteita.

Kokeilut, joita tehtiin keramiikalla, lasilla, komposiittimateriaaleilla ja materiaaleja yhdistämällä, johtivat ballistisesti tehokkaampaan panssarointiin ja 1980-luvulle tultaessa lähes kaikissa moderneissa taistelupanssarivaunuissa panssarointi oli monikerroksista.

2.2.2.1 Häirintä ja absorbointi

On olemassa passiivista ja aktiivista panssarointia. Passiivinen panssari pysäyttää tulevan projektiin materiaalin fysikaalisten ominaisuuksien mukaan. Aktiivinen panssari sen sijaan saa projektilista kineettisen vastareaktion jolla sen läpäisyvaikutusta heikennetään. Tässä on syytä erottaa aktiiviset suojajärjestelmät, joita käsitellään myöhemmin omasuojajärjestelmien yhteydessä.

Passiiviseen panssarointiin voidaan käyttää useita eri materiaaleja. Ne voidaan jakaa kahteen kategoriaan ominaisuuksiensa sekä vaikutustapojensa perusteella. Panssarimateriaalit ovat yleensä joko ammuksen energiaa häiritseviä (engl. disruptive) tai energiaa absorboivia. Häiritsevät materiaalit ovat lujaa ainetta kuten korkealujuuksista terästä tai keraamia. Näiden tarkoituksena kerrospanssaroinnissa on sirpaloida lähestyvä projektiili tai kuluttaa se nopeasti. Toisin sanoen ammuksen kineettinen energia pyritään pilkkomaan ja suuntaamaan pois suojattavasta rakenteesta. Absorboiva materiaali sitä vastoin imee itseensä iskuenergian ja muuttamaan sen toisenlaiseksi energiaksi kuten lämmöksi. Jäykät ja sitkeät metallit sekä komposiittimateriaalit ovat hyviä absorboijia sen lisäksi että niillä on myös häiritseviä ominaisuuksia. [23]

Useimmat panssarointijärjestelmät ovat optimoitu siten että ne sekä absorboivat että häiritsevät uhan iskuenergian ja juuri tämä on monikerrospanssaroinnin toimintaperiaate. Esimerkiksi venäläisessä T-80 taisteluvaunussa tornin etuosan panssarointi (ks. KUVA 13) koostuu kerroksista korkealujuuksista terästä, sitkeää terästä ja komposiittimateriaalia – ihanteellinen koostumus tietynlaisten onteloammusten ja alikaliiperiammusten torjumiseksi.

Kehitystyön tavoitteena on ideaalisen massa/hyöty-suhteen eli massatehokkuuden saavuttaminen. Ajoneuvon kokonaispainon pudottamisella on etua strategisen kuljetuskyvyn ja operatiivisen liikkuvuuden parantamiseksi. Kuitenkin, aseteknologian kehittyttyä tehokkaimpien onteloammusten läpäisy on jopa metri terästä (esimerkiksi ITOW); Armour Piercing Fin Stabilised Discarding Sabot (APFSDS) –nuoliammukset ovat pidempiä ja nopeampia; Uudet älykkäät asejärjestelmät hakeutuvat vaunujen heikoiden panssaroiuihin kohtiin, kuten erilaiset ylilento/kattohyökkäys-ammukset jollaisia on esimerkiksi uusissa ohjuksissa (Pst-ohj-83 MB, NLAW) ja uusimmissa

kuorma-ammuksissa tytärammuksina. Tämän takia perinteisen panssarin rinnalle on tullut häiveteknologiaa, johtamista ja tilannetietoisuutta parantavia järjestelmiä sekä omasuojajärjestelmiä. Panssarointiin käytettävän materiaalin tärkeys ei silti tule vähenemään. [23]

2.2.2.2 Teräs

Ennen vuotta 1965 kaikki panssarointi oli terästä. Ensimmäisen Maailmansodan aikana panssarivaunujen teräslevyjen eli panssarin paksuus oli 8 – 14 mm. Teräksen käyttökelpoisuus perustuu muokattavuuteen; koostumusta muuttamalla ja erilaisilla lämpökäsittelyillä teräksestä saadaan joko absorboivaa tai häiritsevää. 1. MS:n aikaiset panssariteräkset olivat karkaistu erittäin koviksi ja ne kiinnitettiin ajoneuvojen runkoihin nitomalla. Jotta paksumpien teräslevyjen liittäminen hitsaamalla olisi mahdollista, niiden lujuusarvon piti olla paljon pienempi; ohuille levyille 390 BHN (Brinell Hardness Number: Brinellin kovuustestissä materiaaliin painetaan 10 mm halkaisijaltaan olevalla karbiditeräksestä valmistetulla kuulalla. Käytetyt massat ovat 3000, 1500 tai 500 kg) ja vain 220 BHN todella paksuille levyille. [23]

Toiseen Maailmansotaan mentäessä panssarilevyjen paksuudet kasvoivat edelleen – kulminoituen saksalaisen JagdTiger-panssarivaunun 25 cm paksuun panssariin tornin etuosassa ja keulassa. [12]

2. MS:n jälkeen *työstettävä valssattu homogeeninen panssariteräs* eli RHA (Rolled Homogenous Armor) vakiintui yleisimpänä sotilasajoneuvoissa käytettävänä teräksenä. MIL-normiston määrittämä muokattu homogeeninen panssarilevy on MIL-A-12560H. Sen kovuus on 270 - 388 BHN levyn paksuudesta riippuen. [10]

Haluttavat ballistiset ominaisuudet saadaan valssaamalla teräsharkosta, jolla on tietty kemiallinen koostumus, levy, joka sitten karkaistaan kuumentamalla se 820 – 860 – asteiseksi ja upottamalla sen jälkeen öljyyn tai veteen. Lopputuloksena on vahva mutta hauras tuote. Kovuuden aiheuttamaa haurautta vähennetään prosessilla jota kutsutaan päästöhehkutukseksi. Siinä terästä kuumennetaan uunissa muutamia tunteja 400°C – 650°C lämpötilassa. Lopullisessa muodossaan teräs on suhteellisen venyvä ja sitkeä. Sillä on yhtenäinen ja tasalaatuinen mikrorakenne (siitä nimitys homogeeninen). Päästöhehkutuslämpötila säädetään tavoiteltavien mekaanisten ja ballististen ominaisuuksien mukaan; matalampi lämpö kovia ohuita panssareita varten ja korkeampi paksuja sitkeitä varten. [23]

On hyödyllistä valmistaa teräslevy, jolla on erilaisia lujuusominaisuuksia. Kun kovetetaan toiselta puolelta paksun vähähiilisen teräslevyn pintaa, voidaan saavuttaa kovan häiritsevän ja sitkeän absorboivan teräksen ominaisuudet samassa elementissä. Periaate on se, että sitkeä takapuoli vastustaa murtumista kun taas kova etupuoli hajottaa tai sirpaloitaa projektiin. Yksi esimerkki tästä on saksalainen KönigsTiger-panssarivaunu Toisessa Maailmansodassa, jonka runkopanssarin pintaa kuumennettiin kaasuliekillä erittäin kuumaksi ja sitten jäähdytettiin nopeasti vedellä. Näin saatiin aikaan kova mutta hauras pintakerros panssariin, jonka kovuus väheni syvemmälle metalliin mentäessä. [23]

Tehokas tapa tuottaa levy jolla on kahtalaiset lujuusarvot on valssata yhteen kaksi erilaista terästä. Menetelmät kaksoiskovuuspanssarin valmistamiseksi tunnettiin jo ennen 2. MS:aa. Käytännössä teräslaadut on valittava siten, että pintalevyllä on merkittävästi parempi päästönkestävyys kuin pohjalevyllä. Tämä edellyttää kromi-, volframi- tai molybdeeniseostusta. Teollinen standardi MIL-A-46099C määrittelee tällaisen 4,8 - 17,8 mm paksun luotisuojaukseen tarkoitetun levyn, jossa liitetään yhteen kaksi terästä, joilla on eri analyysi. Pintalevyn kovuusvaatimus on 601 – 712 HBN ja sisemmän levyn 461 – 534. Levyjen liitoksen tulee olla metallurginen (ei hitsattu tai liimattu). [23],[10]

Verrattaessa panssarien suojaa ampumatarvikkeita vastaan referenssinä käytetään perinteistä teräspanssaria RHA. Eri panssarointien tehokkuutta verrataan toisiinsa massatehokkuusluvun avulla, joka on ampumatarvikekohtainen. Eri suojamateriaalien paksuus mitoitetaan siten, että ne antavat saman suojan samalla ampumatarvikkeella. Tällöin esimerkiksi nuoliammusta ja onteloammusta vastaan lasketut materiaalien massatehokkuusluvut poikkeavat toisistaan.

Paksuus, Tiheys/pinta-ala ja massatehokkuus on laskettu 7.62 mm panssariluodin pysäyttämiseksi lähietäisyydeltä.				
Panssariteräs	Tiheys (kg/m ³)	Paksuus (mm)	Tiheys/pinta-ala (kg/m ²)	Massatehokkuus
RHA (380 BHN)	7830	14.6	114	1.00
HHa (550 BHN)	7850	12.5	98	1.16
DHA (600-440 BHN)	7850	8.1	64	1.78

Taulukko 1. [23]

Taulukosta 1 voi todeta DHA:n (Dual Hardness Armor) olevan selvästi parempi ballistiselta suojaltaan panssariläpäisyluotia vastaan, kuin HHA (High Hardness Armor). Valmistuskustannusten ja monimutkaisen valmistusprosessin vuoksi kaksoiskovuuspanssari ei ole suosittu nykyisin aseteollisuudessa. Dual Hardness teräkset ovat lisäksi niin kovia, ettei niitä voi käyttää ajoneuvossa kantavana runkorakenteena.

MIL-A-46100D määrittelee kovan valssatun panssarilevyn. Vaadittu kovuus on 477 – 534 BHN ja levyn enimmäispaksuus 50 mm. Panssariläpäisyluotien (AP) pysäyttämiseksi vaaditaan 12 -13 mm vahvuinen levy. Kova teräs pysäyttää hyvin ammuksen, mutta haurautensa vuoksi se särkyy iskusta kuin lasi. Hitsattua HHA-panssaria on käytetty muun muassa sveitsiläisessä MOWAG PIRANHA-taisteluaajoneuvoperheessä, jolla saadaan suoja 7.62-kaliiperisilta luodeilta. [12],[23]

Terästä on valmistettu laajassa teollisessa mittakaavassa jo pitkälti yli sata vuotta. Mullistavia edistysaskelia ei ole odotettavissa panssariteräksen suojaominaisuuksien parantamiseksi. Teräksen valmistustekniikoita kehitetään kuitenkin edelleen muun muassa epäpuhtauksien vähentämiseksi.

Esimerkiksi ruotsalainen SSAB Oxelosund valmistaa panssariterästä, joka jo itsessään on massatehokkuudeltaan 1,3 RHA. [29]

Uusia innovaatioita on odotettavassa myös nano-teknologian alalla.

2.2.2.3 Alumiini

Puhtaan alumiinin tiheys on 2800 kg/m^3 , eli noin kolmannes teräksen tiheydestä. Keveytensä vuoksi alumiinia käytetään panssarointimateriaalina. Panssarialumiini on yleensä seostettu magnesiumilla ja muilla metalleilla. [7]

Alumiiniseoksia alettiin käyttää 1950-luvun lopulla kun tavoitteena oli kehittää ilmapudotteinen ja uintikykyinen miehistönkuljetusvaunu. Kehitys johti amerikkalaiseen M113-miehistönkuljetusvaunuun, jonka runko on valmistettu kylmävalssatusta alumiini-magnesium-mangaaniseoksesta (tyyppi 5083). Seos valmistetaan kuumavalssaamalla harkot 350 – 400 asteessa ja sen jälkeen jäähdyttyään huoneenlämpöiseksi kylmävalssattu halutun paksuiseksi ja lujuiseksi.

Vaikka suoja sirpaleita vastaan on sama kuin RHA:lla, se ei pysäytä panssariläpäisyammuksia yhtä tehokkaasti painoyksikköä kohden. [23]

Brittiläinen Alvis SCORPION-tiedustelupanssarivaunu 1960-luvun lopulla oli ensimmäinen ajoneuvo jossa sekä torni että runko oli hitsattua alumiiniseoslevyä. Tiukkojen painorajoitusten takia tyyppi 5083 alumiiniseoksen tilalle kehitettiin kevyempi tyyppi 7039 alumiini-sinkki-magnesiumseos, jonka ballistinen suojakin oli vahvempi.

Vuosikymmen myöhemmin samantyyppistä seosta 7017 käytettiin WARRIOR-rynnäköpanssarivaunussa ja edelleen Yhdysvaltain BRADLEY-vaunussa (seos 7039).

Huolimatta alumiiniseosten yleisyydestä keveiden panssariajoneuvojen panssaroinnissa, niillä on perustavanlaatuisia heikkouksia tavanomaiseen RHA:iin verrattuna. Alumiinin suojaominaisuuksien näkökulmasta sen heikkoutena on pehmeys. Luodit eivät muokkaudu lävistäessään alumiinia eikä niiden energia juurikaan jakaudu kaliiperia laajemmalle alueelle. Kranaattien sirpaleet sen sijaan ovat epäsymmetrisen ja repaleisen muotoisia ja niiltä panssarialumiini suojaa paremmin. Lujitetut alumiiniseokset, jotka soveltuvat panssariksi ovat herkkiä murtumaan rasituksessa. Jos seos lisäksi altistuu korroosiolle, se ei useinkaan kestä rasitusta mitä sen ominaisuuksiensa puolesta muutoin tulisi kestää. [7],[23]

Läpäisyn tapahtuessa alumiinilevy sirpaloituu takaseinästään enemmän kuin esimerkiksi RHA. Usein ajoneuvon sisäseinä vuorataan tällaisen sekundäärisirpaloitumisen ehkäisemiseksi esimerkiksi lyijyllä, kumilla tai kevlarilla. Alumiinin sulamislämpö on alhaisempi kuin teräksen ja siksi se pehmenee lämpötilan noustessa. Alumiinilla taipumus syttyä tuleen suhteellisen herkästi. [17]

Verrattaessa panssariteräkseen, panssarialumiini on kevyempää, mutta heikompaa. Sirpaleilta suojaavan ominaisuutensa vuoksi alumiini soveltuu hyvin miehistönkuljetusvaunujen panssarointiin. Taistelupanssarivaunuissa ei tultane käyttämään alumiinista panssaria missään muodossa tulevaisuudessakaan.

2.2.2.4 Panssarititaani

Titaaniseosten on tiedetty jo pitkään olevan erinomaisia panssarointimateriaaleja, mutta titaaniin korkea hinta on muodostunut esteeksi. Titaanilevyn hinta on 10 – 20

kertaa kalliimpi kuin samantasoisien ballistisen suojan tarjoavan teräslevyn.

Etuna muihin metalleihin verrattuna titaaniseoksilla on hyvät lujuus- ja sitkeysominaisuudet, mutta ne ovat paljon kevyempiä. Ti-6Al-4V-seoksen tiheys on vain 4450 kg/m^3 (vrt. RHA 7850 kg/m^3) eli noin 60 % teräksen tiheydestä. Kovuudeltaan panssarititaani on 265 BHN eli se vastaa RHA:ta. Sen heikkoutena on panssarialumiinien tavoin läpäisyn tapahtuessa runsas sirpaloituminen levyn takapinnalta. Panssarititaanin venytyskestävyys on parempaa kuin useimpien alumiinipohjaisten panssariterästen. Näin ollen massatehokkuudeltaan nykyiset panssarititaaniseokset ovat 30 – 40 % parempia kuin RHA-panssarit. [7],[23], [17]

Korkean hinnan vuoksi titaaniseoksia on käytetty melko vähän maataisteluajoneuvojen panssarointiin. Titaani on myös materiaalina niin uusi, ettei sen ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia vielä osata soveltaa käytäntöön. Esteenä on edelleen se, ettei riittävän kovia ja lujia seoksia ole kyetty kehittämään. Panssarititaania on käytetty brittiläisen United Defense'n (nykyinen BAE Land Systems) valmistamassa Mobile Tactical Vehicle Light – ajoneuvossa, jonka erääseen versioon asennettiin titaanilevyjä saadakseen siihen 14.5 mm AP-luodin kestävä suoja. Panssarititaania käytetäänkin lähinnä lisäpanssaroinnissa. Tulevaisuudessa sitä saatetaan käyttää panssaroinnin lisäksi vaunun muissa komponenteissa kokonaispainon alentamiseksi. [6], [23]

2.2.2.5 Komposiitti

Ballistiset komposiitit koostuvat kuiduista ja niitä sitovasta sideaineesta eli matriisista. Kuidut on kudottu kankaaksi ja ne pinotaan kerroksiksi, jotka lujitetaan sideaineella. Kuitumateriaaleina käytetään mm. aramidia, lasia ja polyeteeniä. Sideaineena käytetään mm. polyesteriä, epoksia ja fenolihartsia. Kuituja ja sideaineita voidaan yhdistää esimerkiksi laminoimalla.

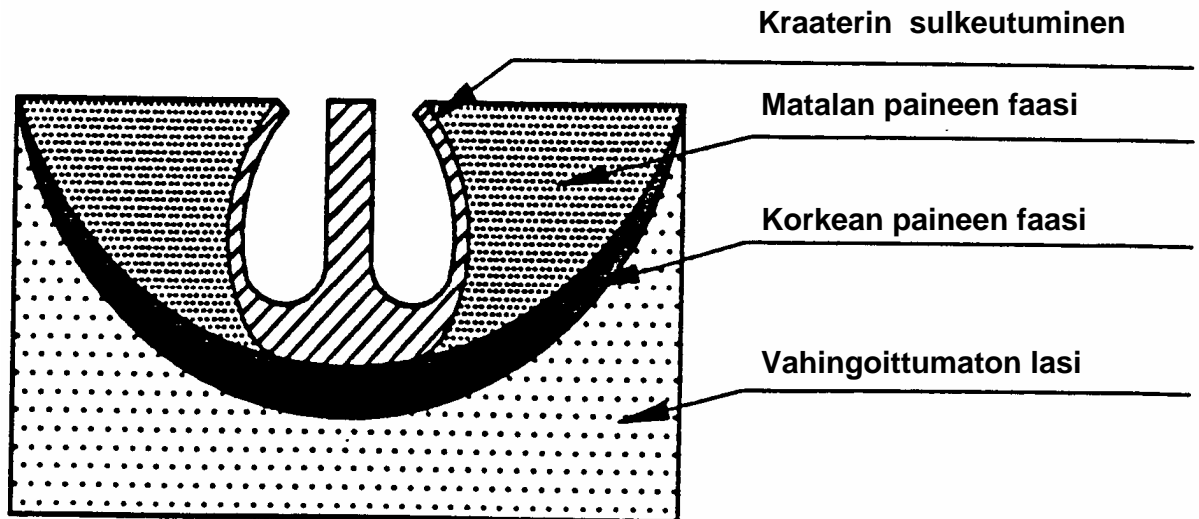
Ballistisen komposiitin käyttö perustuu siihen, että luodin energia sitoutuu kuitujen venymiseen ja kangaskerrosten delaminoitumiseen. Suojauksen tehokkuutta voidaan parantaa monikerroksisten ristikkäin kudottujen kuitujen avulla. Kuidut kestävät hyvin vetoa, mutta huonosti leikkausta. [7]

Termiä *komposiitti* ei tule sekoittaa englanninkielisessä kirjallisuudessa käytettyyn termiin *composite armour*, joka tarkoittaa eri materiaaleista valmistettua kerrospanssarointia.

Aramidilaminaatteja käytetään ajoneuvon sisäpuolisessa vuorauksessa (spall liner) läpäisseen ammuksen jälkivaikutuksen vähentämiseksi. Vuoraus pysäyttää ammuksen kulkusuunnasta poikkeavat sirpaleet. Aramidilaminaattia voidaan käyttää esimerkiksi keraamin tukirakenteena. Puristamalla valmistettu 16,5 mm paksu rakenne pysäyttää 7,62 AP luodin massatehokkuusluvulla 2,6 RHA ja 42 kg/m² painolla. Polyeteenikuidusta saadaan valmistettua vastaavaa komposiittimateriaalia, jonka neliöpaino on vain 25 kg, mutta se pysäyttää 25 mm paksuna levynä vain 7,62 teräsvaippaluodin mutta ei panssariluotia. [17]

Lasikuitu, jota käytetään ballistiseen suojaukseen on niin sanottua S-lasikuitua, joka on lujempaa kuin tavallisissa rakenteissa käytetty E-lasi. Lasikuidun haittana on sen suuri tiheys, noin 2500 kg/m³, ja etuna edullinen hinta. Lasikuitusuojausta käytetään yleisesti maastoajoneuvojen suojaamiseen käsiaseiden tulta ja pieniltä sirpaleilta. Sen massatehokkuusluku käsiaseiden luoteja vastaan on vain 1,2. [7]

Lasikuitua käytetään myös taistelupanssarivaunujen kerrospanssaroinnissa. Lasikuitulaminaatti estää ontelopanoksen suihkun läpäisyä paremmin kuin sen hydrdynaamisen teorian mukaan pitäisi. Lasi käyttäytyy jokseenkin samalla tavalla kuin keraami. Sillä on eräs edullinen erikoispiirre: Lasin tilavuus on korkeassa paineessa jopa 10 % pienempi kuin normaalipaineessa. Tilavuuden muutos aiheuttaa joustoilmiön, joka sulkee ontelosuihkun muodostaman kraaterin suihkun kärjen takana. Tämä häiritsee suihkun etenemistä. Ominaisuus esiintyy lasikuitulaminaateissa, joiden lasipitoisuus on suuri. [7],[23]



KUVA 10: Lasin joustoilmiö ontelopanosen suihkun törmäyksessä. [7]

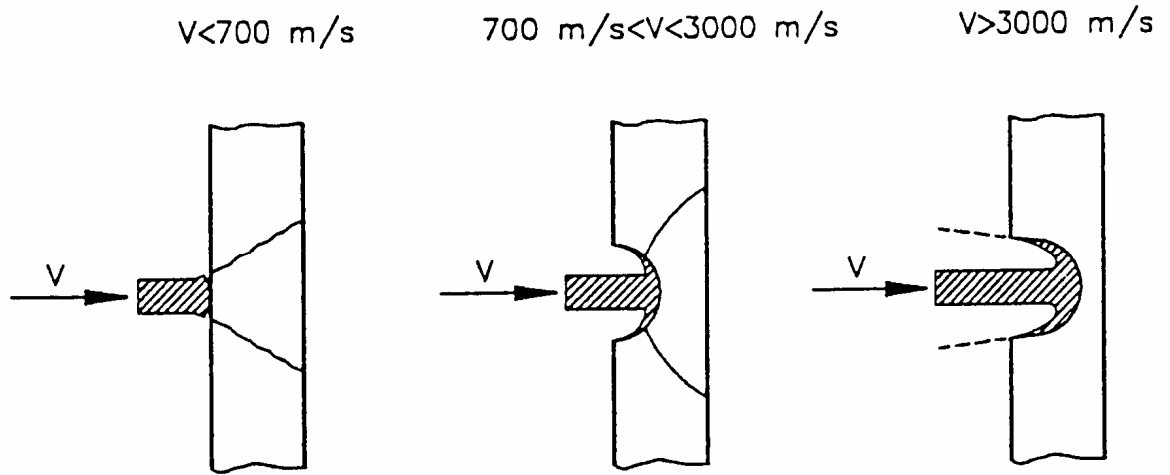
2.2.2.6 Keraami

Termi *keraami* on yleisnimi ei-metallisille, epäorgaanisille materiaaleille. Yleensä keraamit valmistetaan hienoista, pulverimaisista jauheista joita kuumennetaan ja puristetaan niin että syntyy kiinteää ainetta. Prosessia kutsutaan termillä *sintraus*.

Keraamisten materiaalien käyttökelpoisuus panssaroinnissa on tiedostettu jo pitkään. Jo Ensimmäisessä Maailmansodassa havaittiin, että ohut ja kova emalikerros metallin päällä paransi panssarin ballistista kestävyttä, vaikkakin vasta 1960-luvulla varsinainen tutkimus- ja kehitystyö pääsi vauhtiin. Keraamien etuna metalleihin verrattuna on niiden kovuus ja suhteellinen keveys. [23],[7]

Panssaroinnin yhteydessä käytettävien keraamien raaka-aineet ovat kovia oksideja, karbideja, nitridejä tai borideja. Yleisin panssarikeraami on alumiinioksidi. Panssarikeraamit ovat huomattavasti kovempia kuin panssariteräkset; RHA on kovuudeltaan enintään 800 HV (Hardness Vickers määritellään laitteistolla, jossa tylpän pyramidin muotoinen timanttikärki painaa materiaaliin tietyllä voimalla), panssarikeraamit 1800-3000 HV. Kovuudesta johtuen ne ovat hauraita. Ne saattavat rikkoutua jopa kiven iskusta, joten keraamista levyä ei voida pitää uloimpana ajoneuvon panssaroinnissa. Rikkoutuessaan koko keraaminen elementti menettää suojausominaisuutensa, siksi panssaroinnissa niitä on tehokkainta käyttää pienempinä erillisinä levyinä. [17],[35],[40]

Osumasta johtuvan säröilyn laajuus riippuu keraamin kemiallisesta puhtausasteesta. Mitä puhtaampi, pienirakeisempi ja vähemmän huokoinen keraami on, sitä vähemmän syntyy säröjä. Haurautensa vuoksi keraamitiilet on liitettävä erilliseen tukirakenteeseen, yleensä liimalla.



KUVA 11: Ammuksen nopeuden vaikutus keraamin käyttäytymiseen. [7]

Alumiinioksidin massatehokkuus nuoliammusta vastaan on noin 1,5, joka on vain vähän suurempi kuin tiheyden perusteella laskettu. Massatehokkuutta pienentää suuren iskuenergian vuoksi tarvittava massiivinen tukirakenne. Samaan tehokkuuteen päästään teräksisellä kerrospanssaroinnilla jossa on tyhjää tilaa levyjen välissä. Keraami käyttäytyy nuoliammusta vastaan samalla mekanismilla kuin luotia vastaan. Nuoliammuksia vastaan käytetään monikerrospanssarointia, jonka yhtenä materiaalina voi olla keraami. [7]

Keraamin teho onteloammusta vastaan perustuu siihen, että keraami hajottaa ontelopanoksen suihkua ja kraateri jää halkaisijaltaan pieneksi. Ontelopanoksen suihkussa on hajontaa, jolloin ahtaassa kraaterissa osa siitä osuu kraaterin seinämiin eikä sen pohjaan. Hajoamisefektiä voidaan tehostaa tukemalla keraamikappale reunoiltaan vahvalla metallikuorella. Tällöin suihkun aiheuttama jännitysaalto heijastuu metallista takaisin keraamiin ja osuessaan takaisin kraateriin irroittaa sen seinämistä siruja ontelosuihkun tielle heikentäen näin sen tehoa. Mitä paremmin ontelopanos on valmistettu, sitä suurempi on suihku ja sitä vähemmän se menettää tehostaan keraamia läpäistessään. Pelkän alumiinioksidin massatehokkuusluku ontelopanosta vastaan on noin kolme, mutta kun lasketaan mukaan tarvittava tukirakenne, pienenee massatehokkuus noin kahteen. [7]

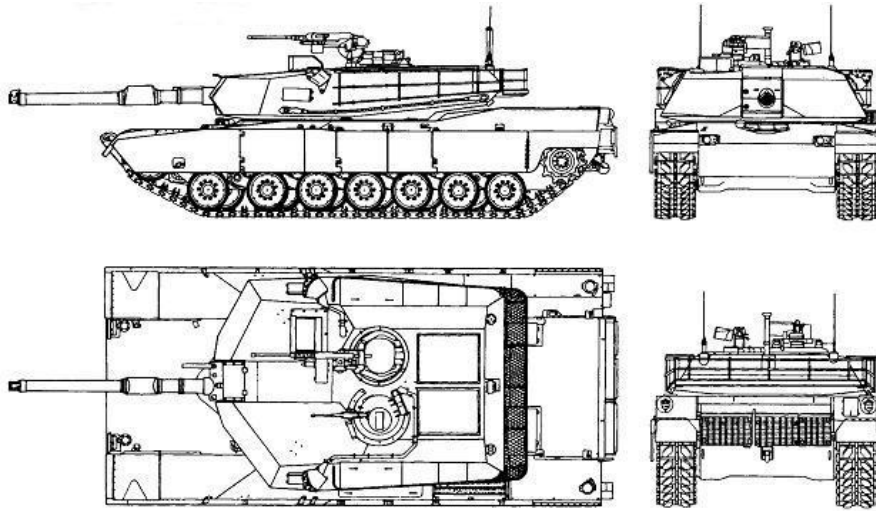
Yhdysvaltain asevoimien tutkijat yrittävät saavuttaa Future Combat Systemin vaatiman kevyen panssaroinnin muun muassa keraamisten materiaalien kehityksellä. Yhtenä tutkimussuuntana on nanoteknologia, jossa aineen ominaisuuksiin vaikutetaan atomi-, molekyyli- tai nanometriluokassa. Jo nyt on saatu kokeellisia keraameja valmistettua joiden lujuusominaisuudet ovat kolminkertaiset sintraamalla valmistettuun silikonikarbidiin verrattuna. Nanoteknologiaa tutkitaan paljon maailmanlaajuisesti, mutta vaikka jo nyt nanohiiliputkilla vahvistettuja komposiittimateriaaleja onkin saatavilla, ei nanoteknologialla valmistettua keraamista panssarointia nähdä taistelukentällä vielä 15-20 vuoteen.

2.2.2.7 Kerrospanssari

Latomalla eri materiaaleista valmistettuja levyjä päällekkäin voidaan saavuttaa rakenne, joka vastustaa ontelopanoksen suihkua paremmin kuin saman paksuinen yhdestä materiaalista valmistettu levy. Kulkiessaan erilaisten kerrosten ja jopa tyhjän tilan läpi ontelosuihku menettää energiaa, mikä johtaa läpäisykyvyn heikkenemiseen.

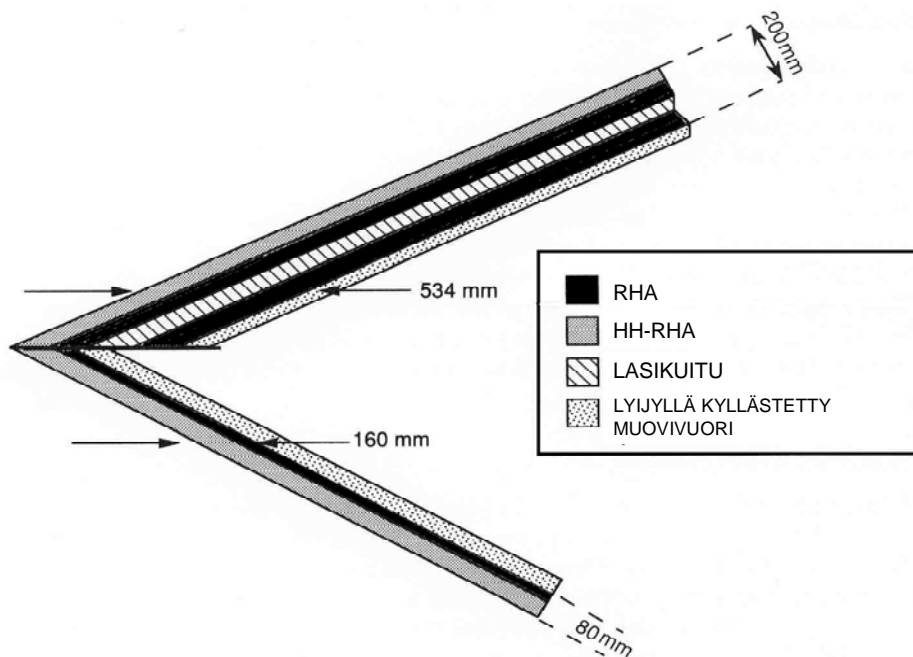
1960-lvulla britit kehittivät niin sanotun Chobham-panssarin, joka on nimetty samannimisessä kaupungissa sijaitsevan panssaritutkimuskeskuksen mukaan. Se muodostuu keraamisista tiilistä metallisessa matriisissa, joka on kahden RHA-levyn välissä. Tällainen rakenne toimii erityisen hyvin ontelosuihkuun vastaan. Ollessaan puristuksessa kahden metallilevyn välissä, keraamin suoja on parempi, sillä hajonnut keraami pyrkii purkautumaan ontelopanoksen sisääntuloreiästä edelleen häiriten suihkua. [39]

Chobham-panssaria on käytetty muun muassa Brittien Challenger-vaunussa ja Yhdysvaltain Abrams-vaunussa. Venäläisten vaunukanuunoiden nuoliammusten (long rod penetrator) teho kasvoi 1980-luvulle tultaessa niin paljon, että Chobham tyyppiseen panssariin piti lisätä raskaita metallikerroksia, kuten esimerkiksi M1A4 "King" Abramsissa sovellettu uraani-teräs-uraani-teräs-hila. Vaunun paino kasvaa tällöin erittäin suureksi. Keraamisten laattojen käyttö Chobham-tyyppisessä kerrospanssarissa antaa länsimaisille vaunuille, kuten Challenger ja M1A1 Abrams, niiden tunnuksenomaisen kulmikkaan ja profiililtaan korkean ulkomuodon (KUVA 12). [39],[71]



KUVA 12: M1A1 Abrams. [61]

Venäläisissä vaunuissa käytettiin kerrospanssarointia, jossa teräskerrosten välissä oli kumia tai muuta joustavaa materiaalia ja tyhjää tilaa. Ensimmäinen kerrospanssaroitu vaunu oli T-64 vuonna 1966. Siinä käytettiin Yhdistelmä-K (combination K) -nimistä kerrospanssarointia. Komposiittimuovien tai kumin sekä teräksen muodostama panssarointi ei ole yhtä tehokasta kuin Chobham-tyyppinen panssari keraameineen, mutta se on helpommin muokattavissa. Lisäsuojaa saadaan siten matalammasta profiilista sekä räjähtävästä reaktiivipanssarista, jota käsitellään tuonnempana. [39],[17]



KUVA 13: Halkileikkaus venäläisen T-80 taistelupanssarivaunun oletetusta keulan panssaroinnista. [1],[23]

Taisteluvaunuihin asennettavat Ballistiset lisäpanssarit ovat lähes poikkeuksetta

kerrosrakenteisia. Lisäpanssaroinnilla saadaan suojaa uhanalaisimpiin kohtiin kohtuullisella painonlisäyksellä.

2.2.2.8 Muut panssarit

Yhdysvaltain maavoimien Irakissa käyttämissä Stryker-miehistönkuljetusvaunuissa on parannettu suojaa onteloammuksia vastaan asentamalla vaunuihin jo Toisesta Maailmansodasta tuttuja rutiläpanssareita (slat armour). Ontelopanoksen läpäisytehoon vaikuttaa räjähdysetaisyys läpäistävästä panssarista; liian lyhyellä etäisyydellä räjäytettynä ontelopanoksen suihku ei ehdi muodostua, liian kaukana se menettää tehonsa. [56]

Toisin kuin yleisesti uskotaan, nykyisin käytetyn rutiläpanssarin tarkoituksena ei ole räjäyttää ontelopanos ennenaikaisesti, vaan estää sen sytyttimen toiminta kokonaan. Venäläisten suunnittelema RPG-7 kertasinko on ollut yleisin pst-ase, jota liittouman joukkoja vastaan on Irakissa käytetty. Sen ontelopanoksen läpäisy on 160 mm vielä 800 millimetrin räjäytysetaisyydeltä, mikä on paljon suurempi kuin rutiläpanssarin etäisyys Strykerien ohuesta (alle 20mm) rungosta. Rutilän tarkoituksena on pysäyttää onteloraketti siten, että sen kärkikartion reunat litistyvät tankojen väliin ja tällä tavalla oikosulkee taistelukärjen sytytinvirtapiirit. Moni onteloraketeista osuu kuitenkin kärjellään tankoon ja räjähtää. Tilastollisesti rutilöin saavutetaan suojaa 60% kohti ammutuista RPG-7 onteloraketeista, eikä vastaavaa suojaa saavuteta muunlaisia ampumatarvikkeita vastaan. [29]

Stryker-vaunun rutiläpanssarointi lisää ajoneuvon massaa reilulla kahdella tonnilla, mikä heikentää niiden ohjausta ja suorituskykyä lievästi. Painon lisäys on kuitenkin vain puolet siitä mitä RHA-lisäpanssarointi toisi. [56]



KUVA 14: T-34/85 panssarivaunu, jossa tornin ympärillä on viritetty metalliverkkoja vuonna 1945. [36]



KUVA 15: Stryker-miehistönkuljetusajoneuvo, jossa ritiläpanssari. Kuva vuodelta 2006. [56]

2.2.3 Aktiivinen panssari

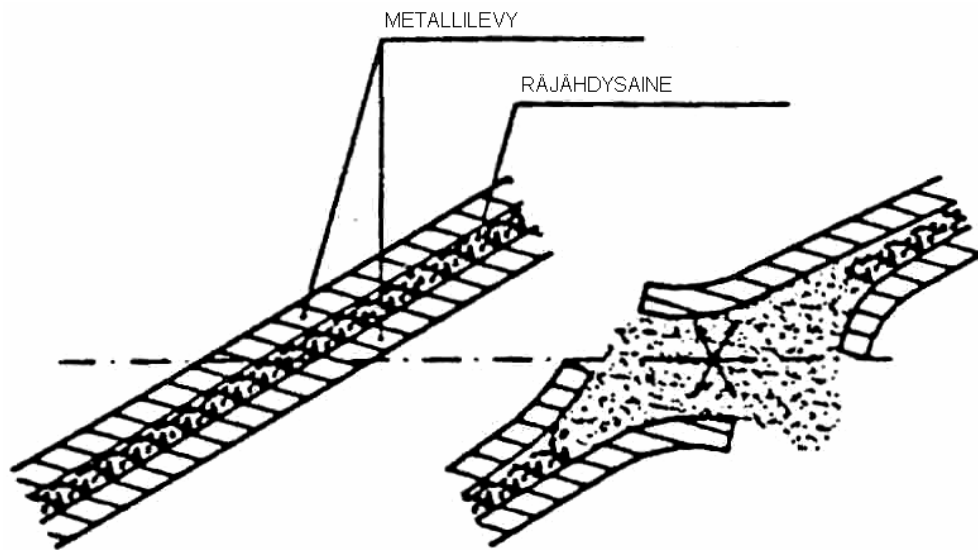
Tavanomaista panssaria lisäämällä ei useinkaan saada tarvittavaa suojaa nykyaikaisilta onteloammuksilta kasvattamatta ajoneuvon ominaispainoa liiaksi. Siksi on kehitetty erilaisia lisäpanssarointivaihtoehtoja. Painoon suhteutettuna tehokkain suoja saavutetaan liikkeeseen perustuvilla panssareilla eli reaktiivipanssareilla. Ne pienentävät merkittävästi etenkin ontelohanosten läpäisyä, mutta myös nuoliammusten läpäisyä. Tässä tarkastelussa reaktiivipanssarit on jaettu räjähtäviin (ERA = Explosive Reactive Armor) ja inertteihin (räjähdysaineettomiin) reaktiivipanssareihin.

2.2.3.1 Räjähtävä reaktiivipanssari

Perustan liikkeeseen perustuville panssareille loi Manfred Heldin patentti vuodelta 1970. Räjähtävä reaktiivipanssari (ERA) kehitettiin operatiivisesti käyttökelpoiseksi Israelissa 1970-luvun loppuun mennessä. Ensimmäisen kerran kyseistä panssarityyppiä käytettiin taistelukentällä Libanonin operaatiossa 1982. [10]

Venäläiset kehittivät reaktiivipanssaria jo 50-luvulta asti. Lukuisat ongelmat, kuten kaikkien vaunuun asennettujen ERA-moduulien räjähtäminen ketjureaktiona luodista tai sirpaleesta, johtivat projektin lakkauttamiseen. Israelilaisen BLAZER-ERA:n tultua

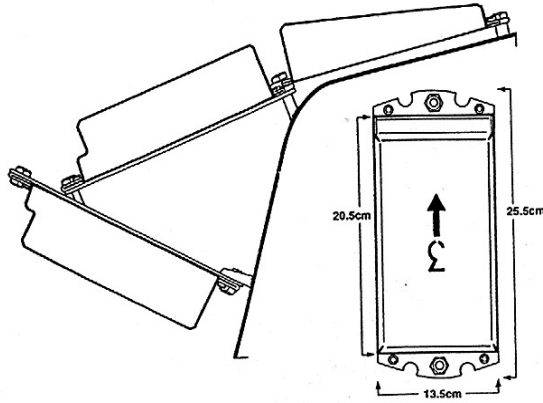
julkisuuteen 1980-luvun alussa projektia jatkettiin. Venäläinen ERA, Kontakt-3, otettiin palveluskäyttöön 1985. [32]



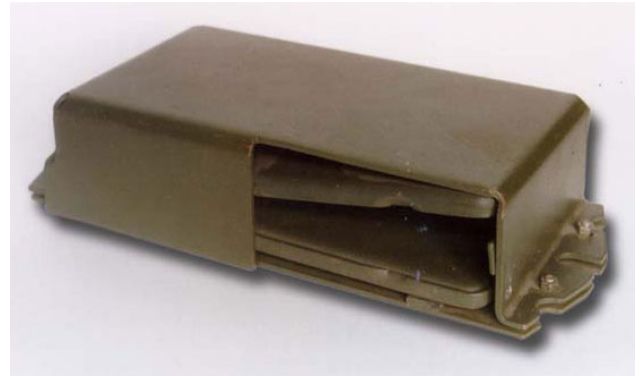
KUVA 16: Kevyen reaktiivipanssarin toiminta. [7]

Kun ontelopanoksen suihkun kärki läpäisee päällimmäisen teräslevyn ERA-elementissä, detonoit se levyjen välissä olevan räjähdysaineen. Räjähdys sinkoaa etummaisen levyyn eteen ja ylöspäin, jolloin se liikkuessaan syöttää ehjää metallia ontelosuihkun läpäistäväksi ja näin syö suihkun tehoa. Ontelosuihkun kärki liikkuu nopeammin kuin räjähdysliikkeelle heittämä etummainen levy ja lähestyy takimmaista teräslevyä, joka liikkuu räjähdysvoimasta kohti ajoneuvon runkopanssaria. Osuessaan runkoon levy kimpoaa takaisin ontelosuihkun tielle. Tällä prosessilla pyritään kuluttamaan ontelopanoksen suihkua niin paljon että sen teho ei enää riitä varsinaisen runkopanssarin läpäisyyn. ERA:n teho ontelopanosta vastaan riippuu pitkälti ERA-elementin ja panoksen välisestä kulmasta. Kohtisuoraan 90 asteen kulmassa penetroiva suihku jatkaa suoraan läpi aluksi tekemistään rei'istä levyjen liikkeestä huolimatta. Mitä vinommin onteloammus kohtaa räjähtävän reaktiivielementin sitä heikommin se läpäisee. [10]

Kevyt reaktiivipanssari on yleisesti tunnettu rakenne. Kuvan 16 mukaisessa rakenteessa kahden 2mm paksun teräslevyn välissä on noin 5mm kerros räjähdysainetta. Tavallisesti kaksi tällaista elementtiä sijoitetaan teräslaatikkoon, toinen viistoon ja toinen tasaisesti pohjalle (ks. KUVA 18). Näitä moduuleita kiinnitetään panssarivaunun runkoon erillisellä tukirakenteella. [10]



KUVA 17: Kontakt-3 - tyyppisen ERA:n kiinnityskonstruktio T-80 – vaunun torniin. [2]



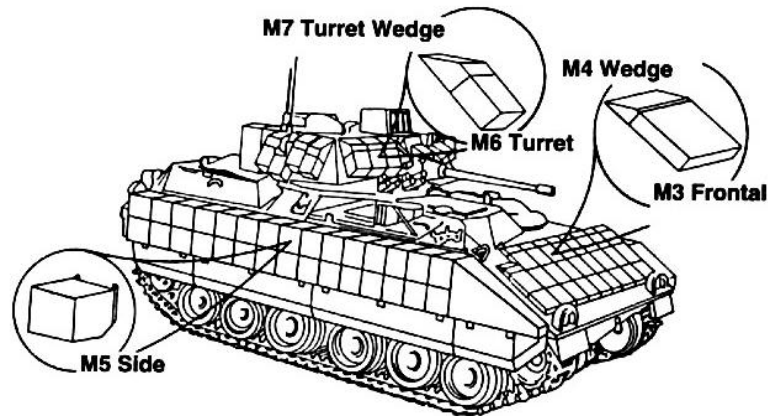
KUVA 18: Kontakt-3-moduulin halkileikkaus. Huomaa kaksi elementtiä eri kaltevuudella. [2]

Yksinkertaisimmillaan ERA-panssarointi koostuu useista tiiliskiven näköisistä moduuleista, jotka toimivat itsenäisesti ammuksen tai ontelopanoksen suihkun osuessa niihin. Muut moduulit eivät saa räjähtää kuin se johon osuu. Vaunun runkopanssarin ja ERA:n väliin on jätävä tyhjää tilaa. ERA vähentää yhdellä ontelopanoksella varustetun panssarintorjunta-ammuksen läpäisyä jopa 60 – 90%. [9]



KUVA 19: Esimerkki venäläisen T-80–taistelupanssarivaunun reaktiivipanssaroimiseksi. [68]

Aluksi reaktiivielementtejä sijoiteltiin vaunun rungon päälle uhanalaisiin kohtiin kuten keulaan ja tornin etuosaan sekä haavoittuvampiin kohtiin, kuten kylkiin ja vaunun katolle, jossa panssari on ohuempaa. Ajoneuvon pintarakenne sekä erilaiset sensorit, tähystimet, aseet ja muut runkopanssarin päälle ulottuvat laitteet rajoittavat reaktiivipanssarin sijoittelua. [32]



KUVA 20: M2 Bradley-rynnäkövaunun ERA-panssarointi. [3]

ERA-panssaroinnit räätälöidään yleensä erilaisille vaunutyypeille erikseen. Tietylle ajoneuvolle voi olla useita eri konfiguraatioita torjuttavan uhan (nuoliammus, ontelopanos, kaksoisontelopanos), muiden lisäpanssareiden ja asennusalustan rakenteen mukaan. Kevyt ERA ei vaadi vaunuun tehtäviä muutostöitä ja on muutenkin erittäin yksinkertaista jälkiasentaa.

Suojaltaan vanhentuneiden taistelupanssarivaunujen modernisoinnissa hyöty/painosuhteen kannalta tehokkainta on lisäpanssarointi ERA:lla. Varsinkin vanhempia venäläisiä T-sarjan vaunuja päivitetään tällä tavalla. Uudet T-90-vaunut, joiden runko perustuu vanhempaan T-80 – vaunuun, ovat jo tehtaalta tullessaan varustettu ERA:lla. [32]

Kontakt-3 – tyyppinen ERA ei ole kovin tehokas kineettisen energian penetraattoreita, kuten nuoliammuksia, vastaan. Siksi on kehitetty raskasta reaktiivipanssaria, jossa ERA-elementin ulompi levy on paksuudeltaan samaa luokkaa kuin torjuttavan ammuksen kaliiperi. Nuoliammusta vastaan paksuus on 20 – 30 mm. Paksut levyt lähtevät hitaasti liikkeelle ja niiden vaikutusaika on pitkä. Panssarirakenteesta tulee kuitenkin niin raskas, ettei nykyisiä vaunua voi lisäpanssaroida kovin laajoilta alueilta. Tällaisen panssarin suunnittelussa on jo alun perin lähdettävä siitä, että vaunun teräsmassasta osa sijoitetaan reaktiivipanssariin. Uusissa taisteluvaunuissa, kuten Merkava 4 ja T-95 "Black Eagle" - vaunuissa raskas reaktiivipanssarointi on sisäänrakennettu; Räjähävät reaktiivimoduulit on integroitu vaunun rakenteeseen ja ballistisen suojan kokonaisuuteen. [7],[17],[71]

Venäläinen Kontakt-5 on raskasta reaktiivipanssaria, joka koostuu isoista levyistä, päällimmäinen on 15 mm paksua karkaistua terästä. [2]



KUVA 21: Kontakt-5 taisteluvaunun tornissa. [3]



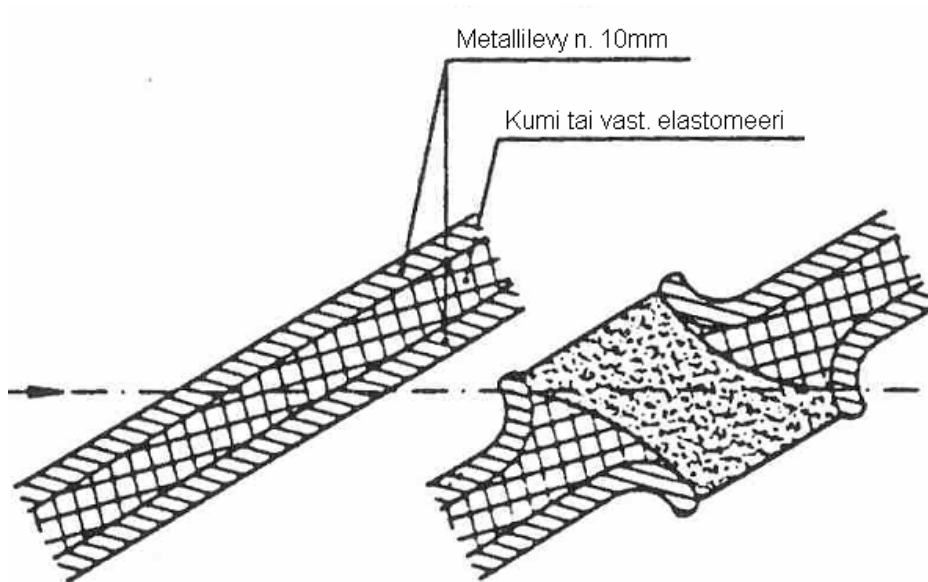
KUVA 22: Kontakt-5 BMP-3-rynnäkövaunussa. [3]

Räjähtävän reaktiivipanssarin haittana on vaara vaunun lähistöllä olevalle suojautumattomalle henkilöstölle. Reaktiivipanssarin toimiessa saattavat sirpaleet lentää jopa puolen kilometrin päähän. [71]

Saksalainen Dynamit-Nobel on kehittänyt sirpaleettoman räjähtävän reaktiivipanssarin, tuotenimeltä CLARA (Composite Light Adaptable Reactive Armour). Siinä räjähdysaine on komposiitista valmistettujen levyjen välissä, joka silppuuntuu räjähdyksestä melko vaarattomasti. Se on kevyttä verrattuna perinteiseen ERA:an ja se antaa valmistajan mukaan suojaa onteloammusten lisäksi kineettisen energian läpäisijöiltä. [58] Testeissä Marder-rynnäkövaunuun asennettuna CLARA-elementti esti RPG-7:n ontelorakettia vastaavan ontelopanoksen läpäisyn. [29]

2.2.3.2 Inertti reaktiivipanssari

Ympäristölleen ja alustalleen turvallisempi lisäpanssarointi on räjähdysaineeton reaktiivipanssari. NERA (Non-Explosive Reactive Armour) koostuu esimerkiksi kahdesta noin 10 mm:n teräslevystä, joiden välissä on inerttiä ainetta, kuten kumia tai vettä, joka toimii puristusjousen tavoin. Ammuksen osuessa ensimmäiseen levyyn jousi painuu kasaan. Kun levyyn tulee reikä, poistuu puristus ja palautuva jousi työntää teräslevyt liikkeelle. [7] Levyt värähtelevät ja syöttävät uutta metallia ontelosuihkun tielle. [71]

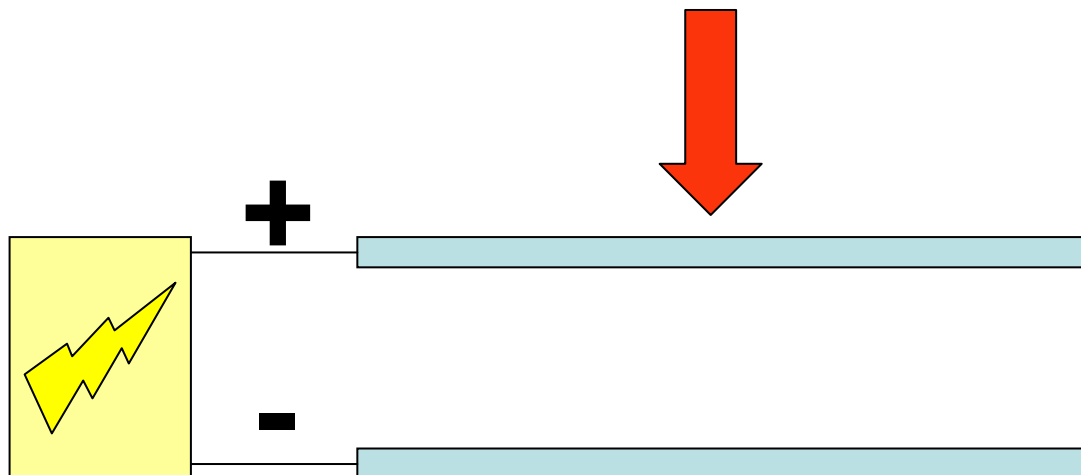


KUVA 23: Inertti reaktiivipanssari. [7]

Toistaiseksi on pidetty salassa, millä väliaineella saadaan paras efekti ja mikä levyjen ja väliaineen massojen suhteen on oltava.

2.2.3.3 Sähkömagneettinen panssari

Eräänlaista aktiivista panssaria edustaa sähkömagneettinen panssari, jonka yksi prototyyppi tunnetaan nimellä "Walker" – levy. Kaksi toisistaan erotettua ja vaunun rungosta eristettyä metallilevyä on yhdistetty virtalähteen napoihin. Ammus, joko ontelopanoksen suihku tai nuoliammus, sulkee läpäistessään virtapiirin, jolloin ammuksen läpi kulkeva virta aiheuttaa ammuksen kohdistuvan tilavuusvoiman, joka kiihdyttää törmäävässä ammuksessa syntyviä, epästabiileja, läpäisyä pienentäviä ilmiöitä, kuten suihkun kuroutumista ja katkeamista. [10]

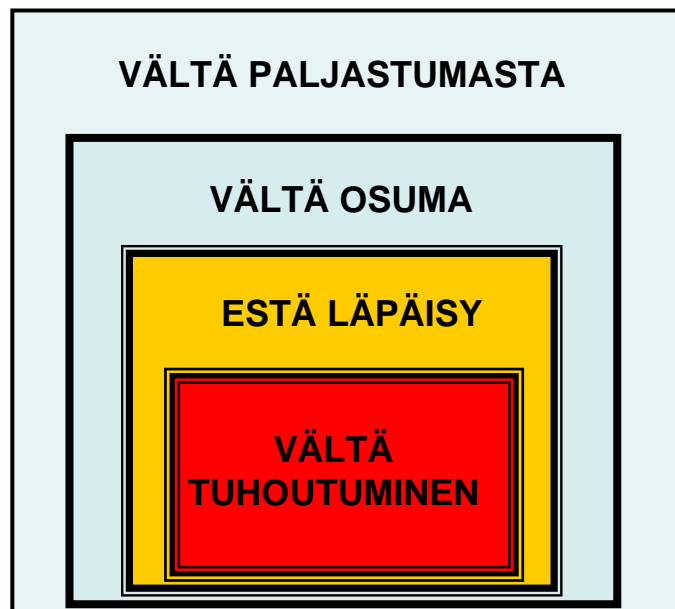


KUVA 24: Sähkömagneettisen panssarin periaate.

Ison-Britannian Puolustusministeriön alainen Puolustustiede ja –teknologialaboratorio osoitti järjestelmän tehon RPG-7 –singon ontelorakettia vastaan. Levyt oli asennettu Warrior-rynnäkkövaunuun. Sittemmin BAE- systems (entinen United Defense) on testannut järjestelmää menestyksekkäästi M2 Bradley-rynnäkkövaunussa. Se on alun perin suunniteltu suhteellisen pieniä (RPG) onteloammuksia vastaan. Isompien taistelukärkien pysäyttämiseen vaaditaan isompaa jännitettä ja tehoa. Järjestelmä on uudelleen ladattava eli se toimii useampaa osumaa vastaan. BAE ennusti vuonna 2006 saavansa tutkimus- ja kehitystyön päätökseen muutaman vuoden kuluessa. [29],[49]

2.2.4 Omasuojajärjestelmät

Alun perin omasuojajärjestelmiä käytettiin suojaamaan isoimpia laivaston aluksia ja kalliita ilma-aluksia ohjuksia vastaan. Taistelukentän järjestelmien kallistumisen sekä korkeateknologisen uhan kasvun myötä omasuojajärjestelmät ovat tulleet myös maalla toimiviin lavetteihin. Omasuojajärjestelmän välittömänä tavoitteena on saada vastustajan ase harhautumaan maalista (soft kill) tai tuhota se ennen kuin se ehtii vaikuttamaan suojattavaan kohteeseen (hard-kill). [5]



KUVA 25: Omasuojajärjestelmän primäärisenä tehtävänä on osuman välttäminen ja sekundäärisenä tehtävänä aseiden toiminnan häiritseminen siinä määrin, ettei sen taistelulataus kykene läpäisemään kohteen suojajanssaria.[5]

Panssarivaunu tarvitsee suojakerroksen, jolla vältetään osuma. Aikaisemmissa luvuissa käsitellyt ballistisen suojan teknologiat ovat tietyllä tavalla tiensä päässä;

uudet innovaatiot panssarimateriaaleissa tuovat vain marginaalista parannusta kokonaissuojaan. Reaktiivisella panssarilla saavutettava suojan on sekin jo kohtalaisen pitkälle kehittynyt ja kaksoisontelopanoksen käyttöönotto pst-aseissa pakottaa kehittämään jotain uutta. Lisäksi länsimaisten valtioiden tappionsietokyky on ajan kuluessa pienentynyt huomattavasti. Sellaiset tappiot, jotka konventionaalisten tasavahvojen armeijoiden taistellessa olisivat siedettävät, ovat nykyisissä matalan intensiteetin konflikteissa sietämättömät. Komentajatasen upseerit niin Irakissa, Afganistanissa kuin Israelissa ovat lausunnoissaan valitelleet aktiivisten omasuojajärjestelmien puutetta, vaikka panssarikaluston tappiot ovat olleet kokonaisvahvuuksien valossa minimaalisia.

Vuonna 2006 maailmanlaajuisesti on noin 20 aktiivista omasuojajärjestelmää kehittäviä projekteja. [69] Suurin osa niiden teknisistä yksityiskohdista on salaisia.

Venäläiset aktiiviset suojajärjestelmät kypsyivät aikoinaan huomattavasti nopeammin kuin läntiset järjestelmät. Kannustimena kehitystyölle oli länsimaisten asevoimien laaja panssarintorjuntajärjestelmien valikoima, johon kuului aseita kuten TOW, Hellfire ja HOT-ohjukset joita pystyttiin ampumaan maalaveteilta ja helikoptereista sekä lisäksi kiinteäsiipisistä koneista ammuttavia ohjuksia, kuten Maverick-ohjus. Puna-armeijan raskaiden panssaridivisioonien iskevät osat varustettiin vastatoimijärjestelmillä. Niitä asennettiin muun muassa T-55, T-72, T-80 ja T-90-taistelupanssarivaunuihin sekä BMP-3-rynnäkövaunuun. Konfliktit Afganistanissa 1980-luvulla ja Tsetseniassa 1990- ja 2000-luvulla ovat olleet testikenttänä näille järjestelmille.

Omasuojajärjestelmän on muodostettava integroitu kokonaisuus, jossa uhan arvioimiseen käytetään kaikilta eri varoittimilta saatavaa tietoa. Nykyaikaisen omasuojajärjestelmän on oltava modulaarinen, eli siihen on voitava lisätä ja vaihtaa sensoreita ja vastatoimenpidelaitteistoja *plug-and-play* – periaatteella jopa tehtäväkohtaisesti. [5]

Seuraavassa kahdessa kappaleessa käsitellään niitä järjestelmiä, joista on eniten julkista tietoa ja jotka ovat vielä tulevaisuudessa operatiivisessa käytössä. Vanhempia järjestelmiä käytetään kuvamaan kehityksen lähtökohtia ja antamaan suuntaviivoja tulevaisuuden kehitykselle.

2.2.4.1 Soft-kill-järjestelmät

Omasuojajärjestelmän toiminta voi perustua uhasta varoittavaan sensoriin ja sen perusteella käynnistettäviin aktiivisiin vastatoimenpiteisiin. Osassa järjestelmiä käytetään vain sensoria, vastatoimien perustuessa mm. ajoneuvon liikkeeseen, uhan väistämiseen ja miehistön aktivoimisiin suojatoimenpiteisiin. [9]

Soft-kill-järjestelmät koostuvat uhanvaroittimista, sulautettuun tietokonejärjestelmään perustuvasta ohjausjärjestelmästä sekä aktiivisista ja passiivisista vastatoimenpidelaitteista.

Uhanvaroitin perustuu sensoriin eli laitteeseen, joka ilmaisee esimerkiksi elektromagneettista säteilyä tai ääntä. Yleisimmät uhanvaroitinsensorit ovat laservaroitin, millimetriaaltotutka, elektro-optinen varoitin ja akustinen varoitin. Yksinkertaisimmillaan uhanvaroitin vain ilmoittaa uhkasta esimerkiksi valo- tai äänimerkillä, mutta se voi myös ilmaista tarkan suunnan ja uhkatietokannan avulla jopa yksilöintitiedon. [5]

Sensorin toiminta perustuu joko maalista heijastuvan tai sen itsensä lähettämän säteilyn mittaamiseen. Kohteesta heijastuva säteily voi olla aktiivisen sensorin lähettämää, epäsuorasta maalin valaisusta syntyvää tai tavallista luonnossa esiintyvää säteilyä. Kohteen itsensä synnyttämä säteily voi olla mustan kappaleen säteilyä, jota kaikki absoluuttista nollapistettä lämpimämmät esineet lähettävät. Kohde voi lisäksi toimintaansa liittyen lähettää säteilyä esimerkiksi radiotaajuuksilla (radiot, sähkölaitteet, generaattorit), infrapuna-alueella (häirintälähtetimet), näkyvän valon alueella (suuliekit) tai ultraviolettialueella (ulosheittopanakset). [6]

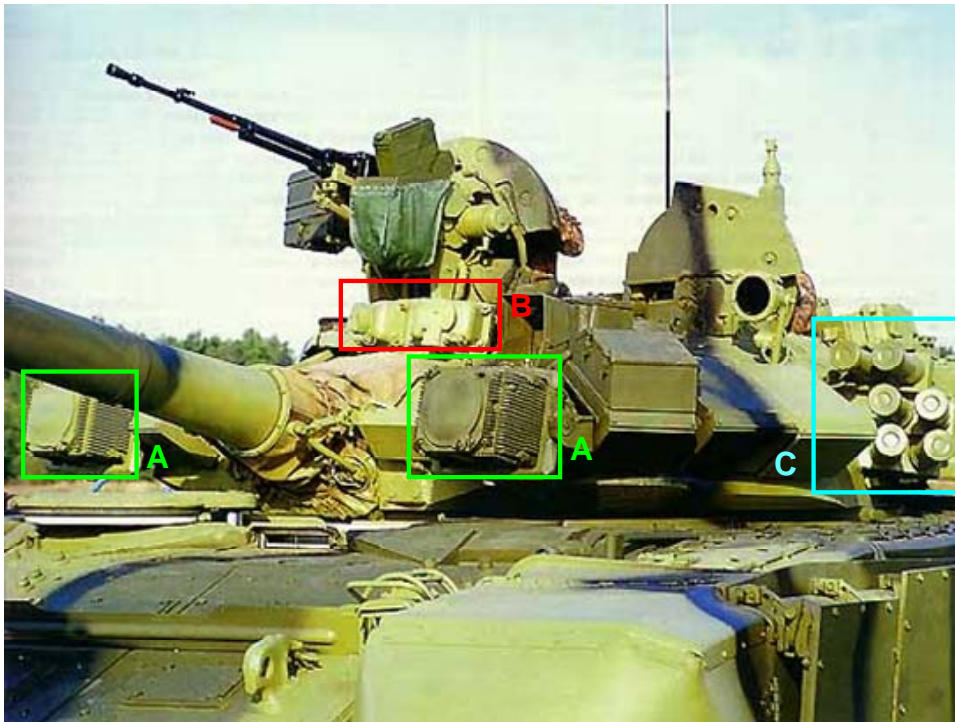
Vastatoimenpidelaitteet ovat yleensä sähkömagneettisesti säteileviä lähettämiä, jotka ovat integroitu passiivisiin sensoreihin. Ne pyrkivät aktiivisesti häiritsemään asetta, ampujaa ja/tai ammusta. Asejärjestelmää häiritsevä järjestelmä pyrkii vaikuttamaan hakeutuvan ammuksen ohjautusmekanismiin. [5]

Yleistäen voidaan sanoa, että soft – kill – järjestelmien toiminta perustuu ammuksen tai ampumalaitteen/ maalinosoituslaitteen lähettämään sähkömagneettiseen herätteeseen ja sen perusteella aktivoituihin passiivisiin ja aktiivisiin suojatoimiin.

SHTORA

Venäläinen TShU-1 SHTORA on yleisin venäläinen omasuojajärjestelmä. Sen toiminta perustuu lähestyvän ohjuksen häiritsemiseen häirintäsäteilijällä ja sokaisemiseen multispektraalisavuheittein. [32]

Järjestelmän lasersensorit havaitsevat lasersäteilyn suunnan ja kääntää (automaattimoodissa) tornin sitä kohti. Kaksi Infrapuna-häirintäsäteilijää , jotka ovat vaunukanuunan molemmin puolin, pyrkivät harhauttamaan toisen sukupolven pst-ohjusjärjestelmän seurantajärjestelmän. Tornin sivuille asennetut savuheittimet ampuvat vaunun suojaksi savuverhon, jossa käytettävät hiukkaskoot estävät infrapuna – ja näkyvän valon säteilyn. [32]



KUVA 26: SHTORA-järjestelmä asennettuna T-90 taistelupanssarivaunuun. A = häirintäsäteilijät (linssien suojukset paikallaan). B = etusektorin laserilmaisimet (linssien suojukset paikallaan). C = savuheittimet. [47]



KUVA 27: SHTORA-järjestelmän häirintäsäteilijä aktiivisena. [74]



KUVA 28: SHTORA-järjestelmän leveän keilan laser-ilmaisim. [3]

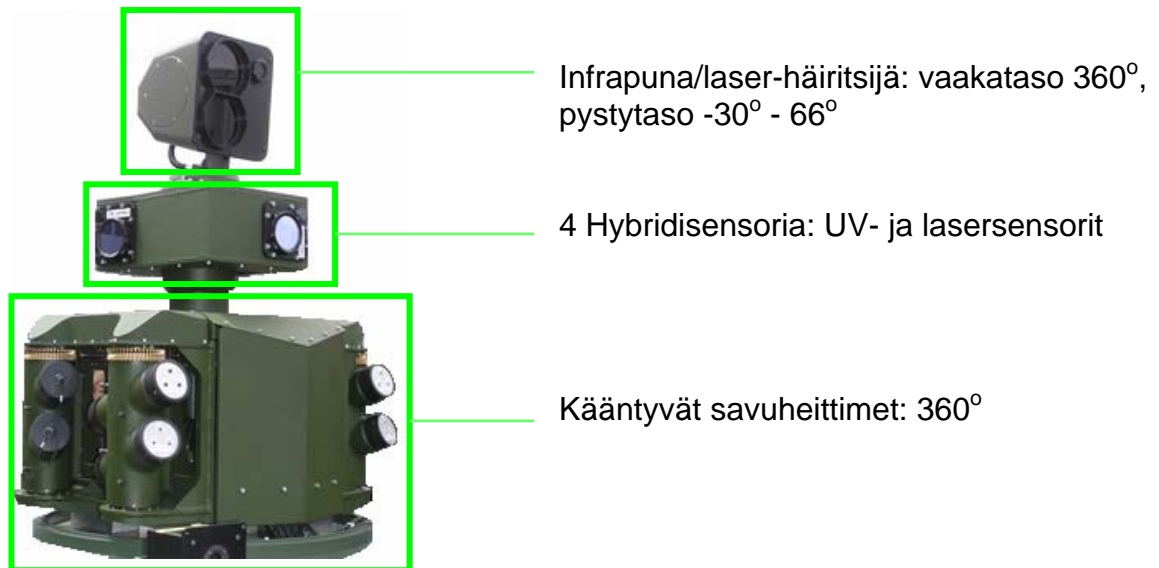
Lasersensorit kykenevät erottamaan laseretäisyysmittareille tyypillisen lyhyen pulssijonon maalinosoituslaserista tai ohjuksen komento-ohjauslaserista, jotka ovat pitempiä. SHTORAA ei siis voi saada vääriä hälytyksiä laseretäisyysmittareista.

Häirintäsäteilijä säteilee kaikilla infrapunasäteilyn aallonpituuksilla. Tarkoituksena on saada pst-ohjusjärjestelmä luulemaan SHTORAn infrapunälähdettä seurattavan pst-ohjuksen IP-majakaksi. Tällöin ohjauskomennot ovat väistämättä virheellisiä ja ohjus harhautuu.

MUSS

Saksalainen Krauss-Maffei Wegmann sai 2005 valmiiksi ensimmäisenä Eurooppalaisena valmistajana nykyaikaisen soft-kill – järjestelmän. MUSS (Multifunctional Self-protection System) sisältää kääntyvän häirintäsäteilijän, neljä runkoon sijoitettavaa hybridisensoria, savunheittäjiä ja ohjausyksikön.

MUSS havaitsee lasersäteilyn maalinosoituslaitteesta sekä pst-ohjuksen lähtölaukauksen aikaan saaman ultraviolettiväläyksen. Monitoimihäiritsijä pyrkii harhauttamaan ohjuksen ja savunheittimet sokaisemaan ohjuksen/ampujan.



KUVA 29: MUSS (esittelyversio). [53]

Järjestelmä tarjoaa suojaa toisen sukupolven SACLOS-ohjuksilta, laser-ohjatuilta pommeilta ja ammuksilta sekä infrapunahakupäällä varustetuilta kolmannen sukupolven ammu-ja-unohda – ohjuksilta.[3]

MUSS:ia on testattu saksalaisiin Leopard 2 vaunuihin asennettuna. Järjestelmän eri komponentit asennetaan eri puolille vaunua ajoneuvotyypistä riippuen. Se tultaneen integroimaan ainakin Saksan maavoimien tulevaan Puma-taisteluajoneuvoon. [2]

Muita vastaavia järjestelmiä on olemassa, esimerkiksi Thales'n CERBERUS. Kehitys sensorien osalla suuntautuu yhä laajemman spektrialueen herätteiden havaitsemiseen. Häirintäseleilijät pyritään saamaan sellaisiksi, että IR-hakupäällä hakeutuva ohjus voidaan sokaista.

Hard- ja Soft-kill-järjestelmien lisäksi on omasuojajärjestelmiä jotka eivät varsinaisesti kuulu kumpaankaan edellisistä. Nämä järjestelmät pyrkivät esimerkiksi häiritsemään pst-aseen ampujaa.

PAPV

Venäläinen Nudelman-yhtiö on kehittänyt optoelektronisen häirintälaitteen nimeltä PAPV (Perenosnyj Avtomatizirovannyj Pribor Ootiko-elektronnoko Protivodeistva), joka on tarkoitettu ilmaisemaan ja sokaisemaan esimerkiksi tarkka-ampujia ja panssarintorjuntapartioita.

Kohde ilmaistaan lähettämällä oletettuun uhkasuuntaan pienitehoinen laserlähete, joka heijastuu takaisin kohteen linseistä. Häirintä ja sokaisu tapahtuu sen jälkeen lähettämällä kohteeseen suuritehoinen laserlähete. Häirintälaitteessa on käytetty erityistä prosessointialgoritmia, jonka avulla laite kykenee selektiivisesti määrittelemään kohteen laadun. Laitteen tehokas toimintaetäisyys on kuitenkin vain 0,3 – 1,5 kilometriä. Yötoimintaa varten laite on varustettu lämpökameralla.

PAPV-häirintälaitteen kokonaispaino on 56 kilogrammaa. [24]

2.2.4.2 Hard-kill-järjestelmät

Hard-kill-järjestelmät sisältävät samoja komponentteja kuin soft-kill-järjestelmät. Usein ne ovatkin osittain integroituja keskenään. Hard-kill-järjestelmä koostuu yleensä sensoreista, joista tärkeimpiä ovat tutkat, ohjausyksiköstä ja vastatoimenpidelaitteista.

Ensimmäiset vastatoimenpidelaitteet otettiin käyttöön Venäjällä. 2000-luvulle tultaessa myös Iso-Britannia, Israel, Saksa ja Yhdysvallat ovat kehittäneet omia järjestelmiään.

DROZD

1030M DROZD otettiin Venäjällä palveluskäyttöön 1983 ja sitä on tietävästi käytetty ainakin Afganistanissa 1980-luvulla. Drozd koostuu kahdesta tutkayksiköstä ja kahdesta vasta-ammusmoduulista, joissa on neljä 107 mm rakettia kussakin. Järjestelmä havaitsee $\pm 30^\circ$ vaakatasossa nopeudella 70 – 700 m/s lähestyvän projektiiliin noin 100 metrin päässä ja tuhoaa sen noin 7 metrin päässä vaunusta.



KUVA 30: DROZD-järjestelmän vasta-ammusmoduulit tornin oikealla sivulla. [32]

DROZD ei ole saavuttanut kaupallista menestystä. Suurimpana rajoittavana heikkoutena on sen pieni toimintaulottuvuus. Järjestelmä kykenee tuhoamaan vain ± 40 asteen etusektorin alueella lähestyvät ammukset. Kyky pystysuunnassa on vain $-6^\circ + 20^\circ$, eli Top Attack- ja Overfly – ammuksiin sillä ei ole tehoa. [32]

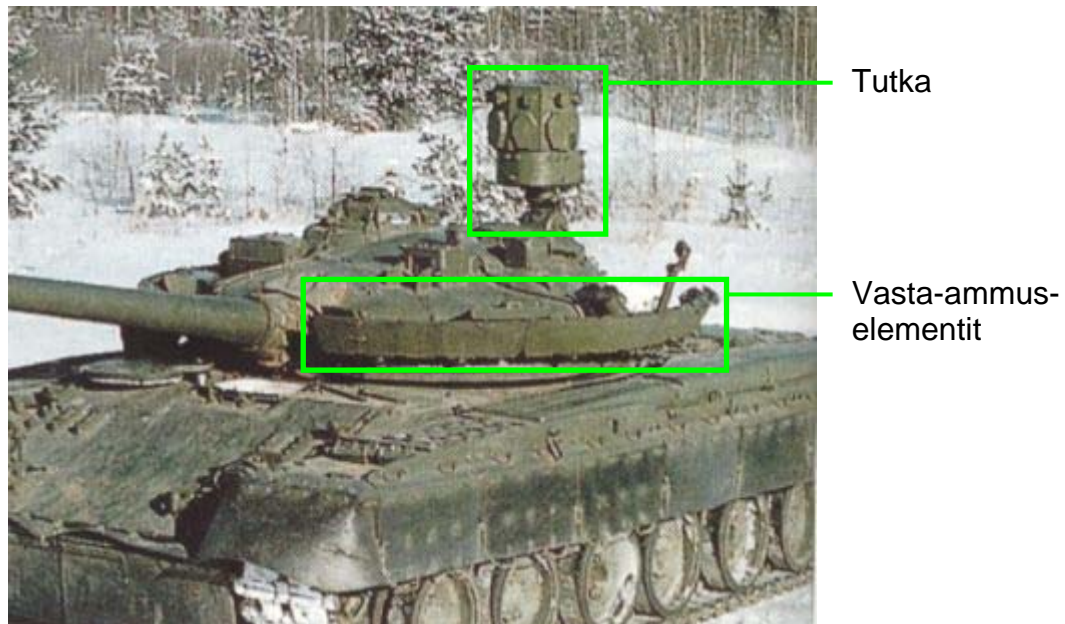
Järjestelmän päivitetty versio DROZD-2 esiteltiin vuonna 1997. Siinä on parempi tutka, joskin sen suorituskyykyksi ammusten havaitsemiseksi ilmoitetaan nopeudella 50 – 500 m/s lähestyvät projektiilit (joidenkin arvioiden mukaan DROZD-1:n suorituskyyky tässä suhteessa olikin ilmoitettu turhan optimistisesti). Lisäksi uusimmassa päivitysversiona vuodelta 1999 vasta-ammusmoduulien määrää on kasvatettu siten, että saavutetaan 360° horisontaalinen suoja 18:lla raketilla. Järjestelmän kokonaispaino on 800 kg. [32]

DROZD-2:ta ei ole vielä vuoteen 2006 mennessä myyty mihinkään. [3]

ARENA / ARENA-E

Venäläisen ARENA-omasuojajärjestelmän kehitys tuli julkisuuteen vuonna 1993. Valmistajansa KBM:n mukaan se suojaa panssarintorjuntaohjuksilta, kuten TOW, HOT ja MILAN sekä kevyiltä kertasingoilta, kuten AT-4 ja LAW 80.

Järjestelmä on täysautomaattinen ja sen uusin versio suojaa horisontaalisesti 270° sektorissa, jossa vaunun taakse jää ”kuollut” kulma. ARENA (vientimalli = ARENA-E) koostuu elektronisesti keilaavasta tutkasta, räjähdde-elementeistä ja ohjauselektronikasta. Järjestelmä painaa asennettuna noin 1000 - 1300 kg.



KUVA 31: ARENA-järjestelmä asennettuna T-80 taistelupanssarivaunuun. [3]

Järjestelmän tutka havaitsee 50 metrin etäisyydellä vaunua 70 – 700 m/s nopeudella lähestyvän kappaleen. Tietokone analysoi maalitiedon ja valitsee, minkä elementin se käyttää uhan torjumiseksi. Aktiivinen osa suojaa ovat 20 vasta-ammuselementtiä jotka on sijoitettu tornin ympärille, kukin 30° kulmassa pystytasoon nähden kallellaan. Pieni lähtöpanos sinkoaa tietokoneen valitseman elementin viistosti ylöspäin ja se räjähtää viuhkapanoksen omaisesti kohti lähestyvää kappaletta. Tiheä ja keskittynyt sirpaleviuhka tuhoaa mahdollisen pst-ohjuksen tai ammuksen. Järjestelmän reaktioaika on 0,07 sekuntia.

ARENA on toimiessaan vaarallinen jalkaväelle noin 20 – 30 metrin etäisyydellä vaunusta. [3],[52]

Haastavimmassa koeammunnassa ARENA onnistui torjumaan neljä AT-5 – ohjusta ja neljä RPG-ammusta lähietäisyydeltä ammuttuna.[32]

Järjestelmä estää ERA-elementtien sijoittamisen vaunun torniin, joskin ARENAn vasta-ammuselementit toimivat eräänlaisena reaktiivisena panssarina. [28]



KUVA 32: ARENA-järjestelmän tutka. [3]



KUVA 33: ARENA-järjestelmän vasta-ammuselementti. [32]

ARENA on tuotekehitykseltään valmis, mutta sen laajempaa tuotantoa ei ole aloitettu eikä sitä ole vielä myyty mihinkään, joskin niitä on ollut asennettuna modifioitujen BMP-3 ja T-90-vaunujen tiettyihin vientimalleihin.

Mahdollisia syitä heikkoon menestykseen ovat järjestelmän tehottomuus nuoliammuksia ja räjähtämällä muotoutuvia ammuksia vastaan, jalkaväelle vaarallinen lähialue sekä kallis hinta. [3]

TROPHY

Israel aloitti 1990-luvulla oman hard-kill – järjestelmänsä kehittämisen. Rafael-yhtiön TROPHY julkistettiin vuonna 2004 ja on tätä kirjoitettaessa Yhdysvaltain ja Israelin puolustusministeriöiden testattavana asennettuna muun muassa Stryker-panssariajoneuvoon. Yhdysvallat pyrkii varustamaan operatiiviset joukkonsa Lähi-Idässä Hard-kill-omasuojajärjestelmällä. Trophy on tähän vahvin ehdokas. [32]

Erillisenä projektina Israelin Puolustusministeriö on suunnitellut varustavansa Merkava 4-taistelupanssarivaunut kyseisellä järjestelmällä vuonna 2008. Se on myös vahvana ehdokkaana kun Israelin miehistönkuljetusvaunujen päivitys- ja modernisointihanke toteutuu. [27]

Järjestelmä koostuu neljästä elektronisesti keilaavasta tutkasta (shortband phased array search radar) ja kahdesta haulilaukaisijasta (buckshot launcher). Tutkan havaittua lähestyvän kohteen ja seurattuaan sitä hetken, luovuttaa se datan elektro-optiselle seuraimelle. Tunnistettuaan ja luokiteltuaan kohteen TROPHY päättää kumpaa vaiko molempia ajoneuvon kyljissä olevaa laukaisijaa se käyttää projektiilin tuhoamiseen. Suurella voimalla laukaistu haulisuihku osuu ammukseen kuitenkin

detonoimatta sen taistelulatausta. Joidenkin arvioiden mukaan vastatoimet perustuvat haulien sijaan räjähtämällä muotoutuvaan ammukseseen (EFP).

Koko prosessi havaitsemisesta tuhoamiseen vie alle 75 sekunnin sadasosaa. Valmistajan mukaan TROPHY pystyy erottamaan pst-ohjuksen singon ontelokranaatista sekä torjumaan useita samanaikaisia uhkia. Järjestelmän tutkat kattavat 360 astetta vaakatasossa ja 70 astetta pystytasossa. [54], [52]



KUVA 34: TROPHY Stryker-ajoneuvossa. A: kaksi neljästä tutkasta. B: Vastatoimenpidelaite. [74]

AWiSS

Eurooppalaista hard-kill-järjestelmää edustaa saksalaisen Diehl'in AWiSS APS. Testeissä se onnistui LEOPARD 2-taistelupanssarivaunuun asennettuna torjumaan toisen sukupolven pst-ohjuksen, MILANin.

Tyypillinen AWiSS järjestelmä tulee muodostumaan tutkayksiköstä ja kahdesta torjuntakranaattilaukaisimesta, jotka on asennettu vaunun tornin katon molemmin puolin. Torjuntakranaatti on ohjaamaton ja noin 3 kg painava. Järjestelmässä on yhteensä kuusi torjuntakranaattia. Onteloammusten lisäksi järjestelmä heikentää nuoliammusten läpäisytehoa kääntämällä niiden tulokulmaa vinoon. [3]



KUVA 35: AWiSS-järjestelmän torjuntakranaattilaukaisin. [74]

Edellä kuvattujen järjestelmien kaltaisia projekteja ovat muun muassa:

- **FSAP** (Full Spectrum Active Protection), Yhdysvallat
- **IAAPS** (Integrated Army Active Protection System), Yhdysvallat
- **United Defense Active Protection System**, Iso-Britannia
- **CICM** (Close-in Counter Measures system), Iso-Britannia
- **CARD** (Close Range Active Defense), Saksa
- **IRON FIST**, Israel

[74]



KUVA 36: CICM. [74]



KUVA 37: FSAP. [74]

Osa näistä projekteista on keskenään päällekkäisiä yhteis- tai osaprojekteja eri organisaatioiden ja yritysten välillä. Huomattavaa on että edellä mainitut hankkeet ovat kaikki länsimaisia.

2.3 Johtopäätökset

Viimeaikaiset sotakokemukset ja aseteolliset sopimukset vahvistavat kyseisen vaunutyyppin olevan operatiivisessa käytössä ainakin 2030-luvulle. Raskaat panssarijoukot säilyvät useimman armeijan iskuvoiman ytimessä vielä 2020-luvulla. Ensimmäinen kevyeseen huipputeknologiseen taisteluajoneuvoon pohjautuva joukkoyksikkö lienee operatiivisessa kokeilukäytössä vasta 2010-luvun

loppupuoliskolla. Pelkän ajoneuvoteknologian valmistuttua ollaan vielä kaukana yhtymän kokoisen joukon operatiivisesta valmiudesta, mikä edellyttäisi muiden osatekijöiden ja järjestelmien valmistumista.

Ballistisen panssarin osalta painopiste tulee olemaan massatehokkuudeltaan parempien kerrospanssareiden tutkimus- ja kehitystyössä. Keraamisten materiaalien ja komposiittimateriaalien kehitys on tässä avainasemassa.

Uusien entistä kevyempien kerrospanssareiden valmistamista perustellaan pyrkimyksellä entistä kevyempien vaunujen tekemiseen. Olemassaolevien taistelupanssarivaunujen runkopanssari on kuitenkin itsessään niin raskas ja vaikeasti muokattavissa, että jos keksittäisiin mullistavan tehokas kerrospanssari, se vaatisi uudenlaisen vaunun rakentamista. Tämän tosiasian ovat parhaiten sisäistäneet israelilaiset, joiden Merkava-vaunut tulevat olemaan parhaiten suojattuja taisteluvaunuja modulaarisen suunnittelunsa ansiosta.

Rynnäkövaunuihin ja muihin kevyempiin alustoihin on helpompi jälkiasentaa kerrosrakenteista lisäpanssaria.

Alumiinia ja titaania ei tulla käyttämään taistelupanssarivaunujen panssaroinnissa nykyistä enempää. Niiden käyttö miehistönkuljetusvaunuissa tulee yleistymään mikäli valmistuskustannuksia saadaan pudotettua ja materiaalisia ominaisuuksia, kuten korroosiolujuutta ja sirpaloitumista, parannettua. Suurin potentiaali konventionaalisessa panssarissa on komposiitti- ja keraamisten materiaalien kehitystyö nanoteknologisesti. Keraamisten materiaalien käytön kasvattaminen houkuttelee, ei siksi että saataisiin vaunun kokonaispainoa pienemmäksi, vaan siksi että panssaroinnissa säästetyn painon voi käyttää aktiiviseen panssariin tai muuhun hyötykuormaan.

Reaktiivipanssareiden kehityksellä on kaksi suuntaa: kevyempi, ympäristölleen turvallisempi komposiitti-ERA sekä ajoneuvokohtainen, integroitu raskas-ERA. Komposiitti-ERA tulee yleistymään varsinkin matalan tason konflikteissa, joissa sivullisten uhrien riski on korostunut. Raskasta ERAa on tarkoituksenmukaisinta käyttää tavanomaisissa konflikteissa.

Inertin reaktiivipanssarin ja kerroslisäpanssarin välinen ero kapenee, koska useissa lisäpanssareissa tulee olemaan inerttejä reaktiivisia kerroksia.

Aktiivisia omasuojajärjestelmiä tullaan asentamaan aluksi ainakin taistelupanssarivaunuihin ja myöhemmin niiden hinnan laskiessa myös muihin maalavetteihin, kuten rynnäkkö – ja miehistönkuljetuspanssarivaunuihin. Nykyiset järjestelmät ovat yleensä suunniteltu tietyille vaunutyyppille. ARENA on nähty asennettuna pelkästään pyöreätornisiin venäläisiin taistelu- ja rynnäkköpanssarivaunuihin (T-80, BMP-3M). Järjestelmän ulkomuodosta ja toimintaperiaatteesta voi päätellä, ettei se sovi vaivatta LECLERC’n tai LEOPARD 2:n kaltaisiin kulmikkaisiin vaunuihin.



KUVA 38: ARENA ei sovi kaikkiin vaunuihin.

Saksalainen MUSS on testattu ja optimoitu LEOPARD 2-panssarivaunulle, DROZD ja ARENA venäläisille T-vaunuille. Vuonna 2006 ainoa APS, jota markkinoidaan kaikenlaisille panssariajoneuvoille sopivaksi on israelilainen TROPHY.

Trophy on yksi monesta APS-vaihtoehdosta, jota Yhdysvaltain maavoimien FCS-konseptiin on testattu. Vaikka Yhdysvaltain puolustusministeriön Kuljetusosasto onkin myöntänyt Trophyn olevan paras aktiivinen omasuojajärjestelmä heidän nykytarpeisiinsa, voidaan todeta siinä olevan monia askarruttavia seikkoja. Siinä on sama ongelma kuin Venäläisessä ARENAssa eli vaara jalkaväelle ajoneuvon läheisyydessä. Haulisuihku saattaa vahingoittaa henkilöstöä ja suojaamatonta kalustoa vaunun lähellä. Jos taisteluvaunuille määritetään lähivaroalue, joudutaan myös tekemään muutoksia niin sanottuun ”combined arms”-taistelutekniikkaan. Lisäksi kaikissa onteloammusten fyysiseen tuhoamiseen perustuvissa aktiivisissa omasuojajärjestelmissä on puutteena heikko tai olematon vaikutuskyky kineettiseen uhkaan, kuten nuoliammukseen. Trophy-järjestelmä ei vuonna 2006 vallitsevan käsityksen mukaan ehdi reagoimaan erittäin läheltä ammuttuihin projektiileihin, lähinnä alle 50 metrin etäisyydeltä ammuttuihin sinkojen ammuksiin.

Yhdysvaltain lisäksi ainakin Israelissa paine APS:ien käyttöön ottoon on kasvamassa. Israel on myös tutkimuksen tekohetkellä pisimmällä toimivan APS:n kehitystyössä. Kehitys on vielä kesken, eikä ainuttakaan nykyaikaista hard-kill-järjestelmää ole vielä vuoteen 2007 mennessä testattu oikeassa taistelutilanteessa.

2020-luvun taistelukentällä suurvalta-armeijoilla pääosa taistelupanssarivaunuista ovat varustettuja aktiivisilla hard-kill-omasuojajärjestelmillä. Uusissa vaunuissa on sisäänrakennettu raskas reaktiivipanssarointi, 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä valmistetuissa tai sitä vanhemmissa vaunuissa reaktiivielementit ovat kevyempiä jälkiasennettuja. Näillä saavutettava lisäsuoja ei tarkoita vaunujen kokonaispainon kevenemistä; Taistelupanssarivaunut tulevat olemaan n.50-60 tonnia painavia, mutta niiden suoja pst-aseita vastaan RHA-millimetreinä on noin 1,5 – 2-kertainen nykytasoon verrattuna.

3 PANSSARINTORJUNTA-ASEET

3.1 Yleistä

Tehokas panssarintorjunta on maajoukkojen taistelun onnistumisen edellytys. Panssarintorjunta on kokonaisuus, jonka ytimen muodostaa panssarintorjunta-aseet ja niitä käyttävät erikoiskoulutetut organisaatiot. Kaikki aselajit osallistuvat kuitenkin osaltaan panssarintorjuntaan. Panssarintorjunnan päämäärä on vihollisen panssarivaunujen tuhoaminen, niiden toiminnan estäminen ja vaikeuttaminen sekä omien joukkojen suojaaminen panssarivaunujen vaikutukselta. Panssarintorjunta-aseilla, sulutteilla ja epäsuoralla tulella eristetään taistelupanssarivaunut jalkaväestä ja pakotetaan vihollisen panssarijalkaväki jalkautumaan ajoneuvoistaan. Panssarivaunut edustavat viholliselle tulivoimaa ja suojattua liikettä, joilla se pyrkii taistelun lopulliseen ratkaisemiseen. [14]

Ylivoimaisesti suurin osa jalkaväen kannettavista panssarintorjunta-aseista perustuu ontelopanokseen. Muutamille sinkoaseille (esim. 84mm Carl Gustav) on olemassa alikaliiperi- ja nuoliammuksia, joiden teho panssaria vastaan perustuu kineettiseen energiaan. Ne ovat kuitenkin maailmanlaajuisesti harvinaisia, joten tutkimuksessa keskitytään pelkästään ontelopanoksen tai räjähtämällä muotoutuvan ammuksen toimintaan perustuviin panssarintorjunta-aseisiin.

3.2 Panssarintorjunta-aseiden nykytilanne

Jalkaväen panssarintorjunta-aseet ja –järjestelmät eroavat toisistaan mm.:

- ontelopanosten rakenteen, lukumäärän ja asettelun (EFP, kaksoisontelo, TA)
- maaliin kuljettavan alustan (ohjus, raketti, kranaatti)
- ohjausjärjestelmän (MACLOS, SACLOS, AUTONOMINEN OHJAUTUMINEN)
- tehokkaan ampumaetäisyyden suhteen (lähi-, keski- ja kaukotorjunta-alue)

Tässä luvussa pst-aseet on ryhmitelty yleisen käytännön mukaisesti sinkoihin, kertasinkoihin ja ohjuksiin. Rakettiaseet ovat toiminnallisesti sinkoaseita, koska ne ovat rekyylittömiä ja ohjaamattomia. Niitä ei siksi käsitellä erikseen.

3.2.1 Sinkoaseet

Kertasingot

Kevyet kertasingot ovat yksinkertaisia ja varmatoimisia yksittäisen taistelijan käyttämiä aseita, joilla kyetään vaikuttamaan 200 – 400 metrin ampumaetäisyydelle. Niiden taistelukärki on varustettu yhdellä ontelopanoksella, jonka läpäisy on noin 200 – 500 mm homogeenistä panssariterästä. Kevyet kertasingot tehoavat parhaiten kevyesti panssaroituihin ajoneuvohin. Niitä voi myös käyttää muihin maaleihin, kuten linnoitettuihin asepesäkkeisiin tai rakennuksiin. Monia kertasinkoja saa myös erilaisilla taistelukärjillä varustettuna, kuten ruotsalainen AT-4, espanjalainen C-90 kertasinko sekä yhdysvaltain M-72. Erot eri aseiden välillä muodostuvat yleensä läpäisytehon ja läpäisyn jälkeisen vaikutustehon suhteen. [8] Tehokas ampumaetäisyys paikallaan olevaan maaliin kevyillä kertasingoilla on yleensä alle 200 metriä. [4]

Heikkoutena kevyillä kertasingoilla on niiden tehottomuus reaktiivipanssaria, taistelupanssarivaunuja sekä moderneja rynnäkövaunuja vastaan, lähtöpamauksesta aiheutuva paljastumisen vaara sekä suhteellinen epätarkkuus liikkuviin maaleihin. Etuina voidaan pitää niiden keveyttä, helppokäyttöisyyttä ja monipuolisuutta. Niiden edullinen valmistus mahdollistaa massamaisen käytön. [9]

Raskaat kertasingot yleistyivät 1980 luvulla ja niitä käyttävät lähinnä panssarintorjuntaan erikoistuneet taistelijat. Tarve syntyi kun haluttiin kevyitä kertasinkoja parempaa vaikutusta taistelupanssarivaunuihin lähietäisyydeltä, jossa pst-ohjuksilla ei pysty vaikuttamaan. Vuonna 2006 Palveluskäytössä olevia raskaita kertasinkoja ovat muun muassa RPG-27, LAW 80, 120 RBR M90 ja APILAS. Niiden läpäisyteho on 600 – 800 mm panssariterästä tehokkaan ampumaetäisyyden ollessa 200 – 400 metriä. [8] Nykyisistä kertasingoista vain RPG-27 on varustettu kaksoisontelopanoksella. [9]



KUVA 39: RPG-27:n halkileikkaus (huomaa kaksoisontelopanos). [4]

Singot

Keveiden sinkojen käyttötarkoitus on muuttunut panssarintorjunta-aseesta pst-kykyiseksi jalkaväen lähitulitukiaseeksi. Niiden kehittäminen nojaa amputarvikevalikoiman laajentamiseen sekä tähtäinoptiikan parantamiseen.

Yleisin palveluskäytössä oleva kevyt sinko on venäläinen RPG-7, jonka läpäisy uusimmalla ampumatarvikkeella on reaktiivipanssari + 325 mm RHA.[9]



KUVA 40: RPG-7. [4]



KUVA 41: 106mm M40. [62]

Nykyisin käytössä olevat raskaat singot perustuvat rakenteeltaan Yhdysvaltain 106 mm M40-sinkoon. Kuten kevyissä singoissa, raskaiden sinkojen suorituskykyä parannetaan kehittämällä tähtäimiä ja ampumatarvikkeita. [9]

Raskaat singot ovat poistumassa nykyaikaisten asevoimien valikoimasta, koska ne ovat hitaita liikutella niiden suuren koon ja painon vuoksi. Niitä on kuitenkin runsaasti palveluskäytössä kehitysmaiden armeijoissa.

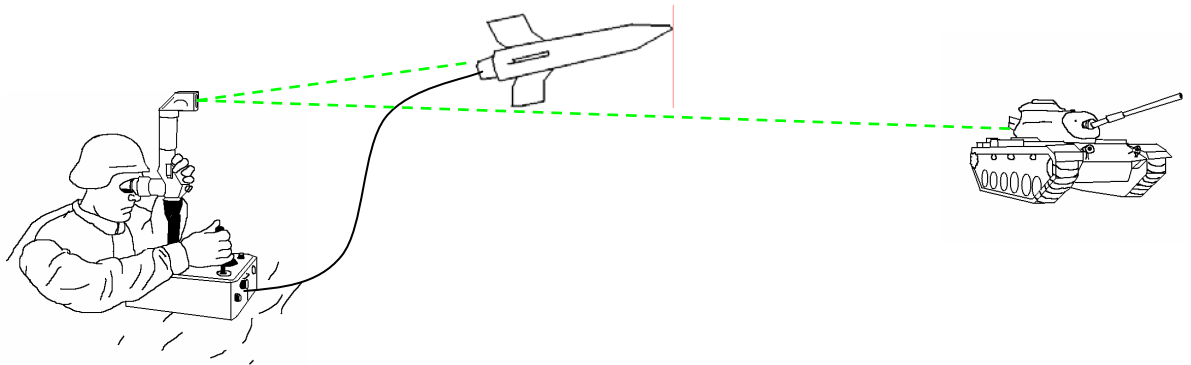
3.2.2 Panssarintorjuntaohjukset

Ohjusjärjestelmä on kokonaisuus laitteita ja välineitä, joka on välttämätön ohjusammunnan ja siihen liittyvien esivalmistelujen suorittamiseksi teknisesti ja taktisesti tarkoituksenmukaisella tavalla. Järjestelmän pääosat ovat ampumalaite sekä ohjuksen sisältävä ohjuslaukaus. [15] Panssarintorjuntaohjusten etu sinkoaseisiin verrattuna on pitempi kantama sekä parempi läpäisy ja osumatarkkuus.

Ohjusteknologiassa samat perusratkaisut ja järjestelmät ovat osin vielä käytössä kuin 1950-luvulla. Maailmalla on nyt ja lähitulevaisuudessa rinnan hyvin eri-ikäisiä järjestelmiä, joista jokaista päivitetään ja modifioidaan vastaamaan taistelukentän nykyvaatimuksia.

Panssarintorjuntaohjukset jaetaan yleisesti kolmeen sukupolveen ohjautusjärjestelmän perusteella.

Ensimmäisen sukupolven ohjukset ovat manuaalisesti komento-ohjattuja (Manual Command to the Line-of-Sight, MCLOS), jossa ampuja tähystää sekä maalaa että ohjusta. Havaitessaan ohjuksen lentoradan poikkeavan halutusta suunnasta pyrkii ampuja ohjaamaan sen ohjaussauvalla maalia kohti. Komennot välitetään ohjukselle johdinta pitkin tai radioteitse.[15]

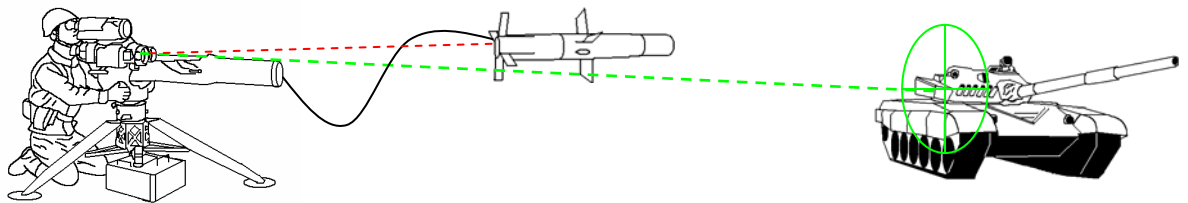


KUVA 42: Ensimmäisen sukupolven pst-ohjusjärjestelmän (AT-3) toiminta.

Ampujien kouluttaminen näille järjestelmille on vaikeaa. Ohjusten osumaprosentti on ampujan koulutustasosta riippuen yleensä 0 - 20. Tyypillisesti taistelukärjen läpäisy on alle 500mm RHA.

Viimeiset 1. Sukupolven pst-ohjukset valmistettiin 1990-luvulla. Niitä on vielä palveluskäytössä entisen Varsovan liiton valtioissa ja Lähi-idässä. [4], [9]

Toisen sukupolven panssarintorjuntaohjusjärjestelmissä on puoliautomaattinen komento-ohjaus (Semi-Automatic Command to the Line-of-Sight, SACLOS). Ampujan toimintaa on helpotettu automatisoimalla ohjuksen seuranta ja ohjauskomentojen muodostaminen. Ampujan tehtävänä on pitää maali tähtäimessään ohjuksen lennon ajan; järjestelmän automatiikka ohjaa ohjuksen tähtäyspisteeseen. Ohjaus perustuu tällöin säteenseurantaan tai johdin-/radiokomento-ohjaukseen. Näillä järjestelmillä on noin 90 prosentin osumatodennäköisyys. [15],[5]

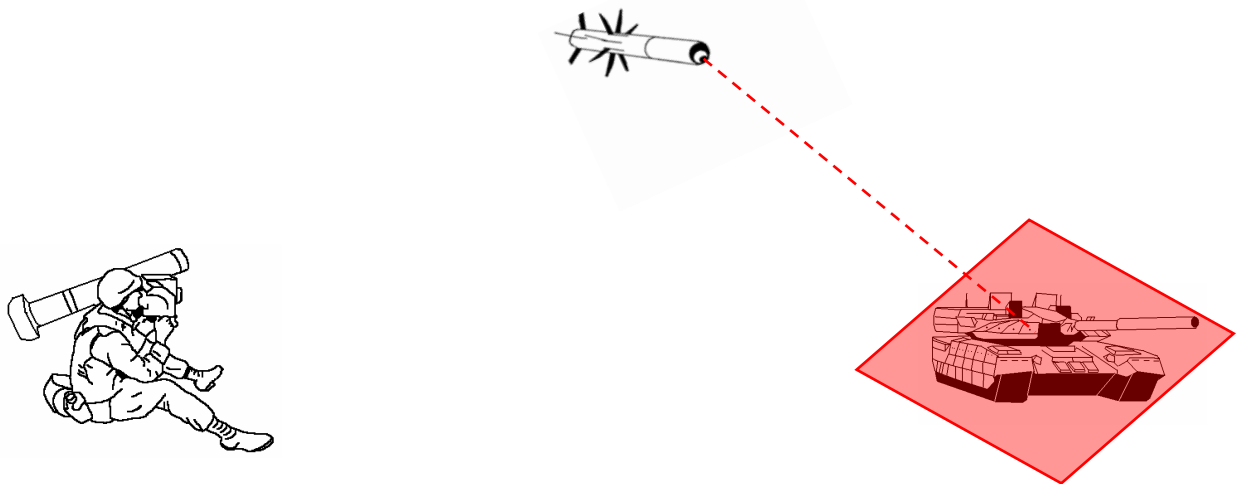


KUVA 43: Toisen sukupolven pst-ohjusjärjestelmän (TOW) toiminta.

Vuosina 1970-2000 Toisen sukupolven pst-ohjuksia valmistettiin miljoonia. Yleisimpiä ovat amerikkalainen BGM-71 TOW-ohjus useine variaatioineen sekä venäläiset AT-4 FAGOT ja AT-5 KONKURS-ohjukset. Eurooppalaiset MILAN-, TRIGAT- ja HOT-ohjukset ovat yleisiä eurooppalaisia järjestelmiä. Valtaosa maailmalla käytössä olevista panssarintorjuntaohjuksista on toisen sukupolven ohjusjärjestelmiä. [9]

Kolmannen sukupolven pst-ohjusjärjestelmien suunnittelu alkoi 1980-luvun lopulla. Optroniikan ja mikroprosessoriteknologian kehitys oli edellytys "älykkäiden" pst-ohjusten kehittämiseksi. Ensimmäiset valmiit järjestelmät otettiin palveluskäyttöön Yhdysvalloissa (JAVELIN) ja Israelissa (SPIKE/Gill) 1990-luvun lopulla.

Kolmannen sukupolven panssarintorjuntaohjukset hakeutuvat passiivisesti maalin luonnolliseen säteilyyn, yleensä infrapunasäteilyyn tai näkyvän valon säteilyyn. Toisin sanoen ne ohjaavat itsensä laukaisun jälkeen itsenäisesti maaliin. Ampujan tulee vain osata lukita maali ja lähettää ohjus matkaan. Ohjuksen kohteen on vaikea havaita lähestyvää ohjusta koska ohjus tai ampumalaite ei lähetä mitään säteilyä. [15] Tällaisilla ohjusjärjestelmillä voidaan saavuttaa yli 90 prosentin osumatodennäköisyys.



KUVA 44: Kolmannen sukupolven pst-ohjusjärjestelmän (JAVELIN) toiminta.

3. sukupolven pst-ohjuksia on olemassa kahta erilaista päätyppiä:

1. Ammu ja unohda (Fire and Forget, FF). Ampuja lukitsee ohjuksen maaliinsa, joka laukaisun jälkeen ohjaa itsensä automaattisesti maaliin.
2. Ammu ja unohda + Ammu ja tarkkaile (Fire and Forget + Fire and Observe, FO). Ohjuksen lentorataan ja lukituspisteeseen voidaan vaikuttaa laukaisun jälkeen vielä lennon aikana. Tuhoamistodennäköisyys paranee kun voidaan vaikuttaa osumiskohtaan tarkemmin: pystytään osumaan esimerkiksi tiedettyyn heikkoon kohtaan vaunua tai vaihtamaan maalia kokonaan. Tiedonsiirtoon käytetään optista kuitua. Näitä ohjusjärjestelmiä kutsutaan 3+ sukupolveksi.

Kolmannen sukupolven ohjukset on varustettu kaksoisontelopanoksella, joissa etupanoksen halkaisija on noin 50 – 60 mm ja pääpanoksen 100 – 115 mm. [4]

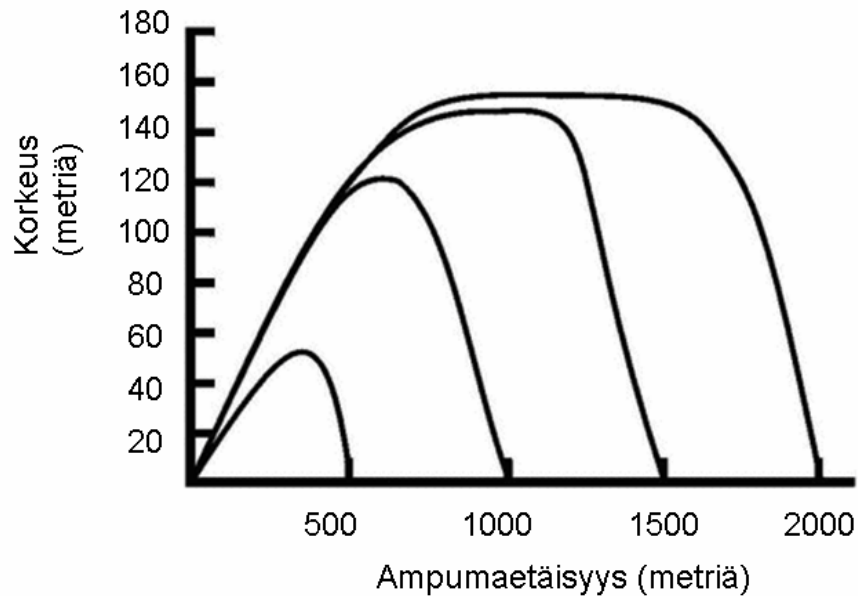
2000-luvun alussa oli kaksi kilpailevaa kolmannen sukupolven pst-ohjusjärjestelmää: JAVELIN ja SPIKE.

Raytheon-yhtiön valmistama Javelin otettiin Yhdysvaltain maavoimissa käyttöön 1996. Vuonna 2006 sitä käyttivät yhdysvaltain Maavoimien ja Merijalkaväen lisäksi muun muassa Iso-Britannia, Australia, Uusi-Seelanti ja Irlanti.[42]

2000 luvun alussa Israelilaisen Rafael-yhtiön SPIKE(Gill)-perheen ohjusjärjestelmiä myytiin yli kymmeneen maahan, muun muassa Suomeen, Hollantiin, Puolaan ja Italiaan. Tuorein sopimus tehtiin Espanjaan vuonna 2008 toimitettavista 2600

ohjuksesta ja 260 ohjusjärjestelmästä. Näiden järjestelmien elinkaari ulottuu pitkälle 2020-luvulle. [51] Spike sisältää FF ja FO-toiminnot.

Yhteistä molemmille järjestelmille on Top Attack-toimintaperiaate eli (ampumaetäisyydestä riippuen) korkea ja kaareva lentoprofiili, jolla osutaan vaunun ohueeseen kattopanssariin ylhäältä päin.



KUVA 45: JAVELIN-ohjuksen lentoprofiili (Top Attack-moodi). [11]

Molemmissa ohjuksissa on kaksoisontelopanos.

Pst-ohjukset voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan lentoprofiilin mukaan:

1. Line-Of-Sight (LOS)-ohjukset, eli suoraan tähtäyslinjaa pitkin lentävät ohjukset.
2. Overfly Top-Attack (OTA)-ohjukset, jotka lentävät tähtäyslinjan yläpuolella ja räjähtävät vaunun yläpuolella. Esim TOW 2B, BILL 2.
3. Top Attack (TA)-ohjukset, joiden lentorata on kaareva ja niiden lähestymiskulma maaliin lennon loppuvaiheessa on jyrkkä vaunun keskilinjaan nähden. Esim JAVELIN, SPIKE.

3.3 Panssarintorjuntajärjestelmien kehitys

Maailmanlaajuisesti kasvava suuntaus on jalkaväen panssarintorjunta-aseiden täydentäminen tai jopa korvaaminen monikäyttöisillä järjestelmillä, joissa yhdistyy kohtalainen pst-kyky ja parannettu vaikutuskyky puolikoviin maaleihin, kuten rakennuksiin tai kenttälinoitteisiin. [22]

Olalta ammuttavien asejärjestelmien kehittämistä on ohjannut asutuskeskustaistelun vaatimukset. Uudet teknologiat ja ampumatarvikkeet on kehitetty tukemaan tätä päämäärää. Useiden maiden suuret valmiusvarastot ja kehitystyön korkeat kustannukset ohjaavat kehitystä olemassa olevien järjestelmien modifiointiin. [6]

Valmisteltujen puolustusasemien tai bunkkerien puhdistaminen vihollisesta ei ole mikään uusi tehtävä jalkaväelle, mutta sen merkitys on kasvanut nykyaistelukentällä jossa pienemmän mittakaavan ”sotaretket” (expeditionary operations) asymmetrisinä konflikteina ovat syrjäyttämässä konventionaalisen ja lineaarisen sodankäynnin. Vahvan panssaroidun vihollisen kohtaamisen sijaan maataistelujoukko joutuu yhä useammin raivaamaan tieltään erilaisia pysyviä tai tilapäisiä rakennelmia, kuten asepesäkkeitä, tiesulkuja tai rakennuksia. Useimmiten tällaisten esteiden raivaaminen perinteiseen tapaan tykistön tuli-iskulla, panssarivaunukanuunalla tai ilma-aluksen lähitulituella ei ole useinkaan mahdollista tai poliittisesti korrektia. Tämä luo tarpeen kustannustehokkaalle lähialueen hyökkäysaseelle, jota voidaan jakaa joukoille laajasti. Se ilmenee hyvin siitä suuresta määrästä AT-4-kertasinkoja, joita Yhdysvaltain joukot ovat käyttäneet Irakissa ja Afganistanissa vastarintapesäkkeitä lyödessään vaikkei vastassa olekaan ollut panssarivaunuja.

Aikaisemmin jalkaväki on aina tarpeen vaatiessa ottanut käytössään olevista panssarintorjunta-aseista sopivimman ja käyttänyt sitä bunkkerin tai linnoitetun pesäkkeen tuhoamiseen. Tämä johtuu siitä että pst-aseita on yleensä runsaasti lähettyvillä tai ainakin helposti saatavilla, ne ovat nopeita ja helppoja käyttää, niissä on tehokas taistelukärki ja riittävä tarkkuus sekä niillä pääsee vaikuttamaan rakenteiden sisäpuolelle. Tätä toimintatapaa on pidettävä tilapäisratkaisuna.

Teknisesti tarkasteltuna vaatimukset panssarintorjunnalle ja rakenteiden tuhoamiselle (anti-bunker) eroavat eniten läpäisyn jälkeisessä vaikutuksessa. Panssarintorjunta-ammuksen taistelukärki kuluttaa suurimman osan energiastaan läpäisyn saavuttamiseen. Pienikin määrä jäännösenergiaa ontelosuihkusta on riittävä

vaunumiehistön lamauttamiseen. Lämpäisyn jälkeinen vaikutus on pieni jopa sellaisissa pst-ammuksissa, joiden suunnittelussa jälkivaikutukseen on erikseen kiinnitetty huomiota. [22]

Bunkkereiden ja rakennusten avarat tilat ja mahdolliset väliseinät ynnä muut jakajat asettavat tiettyjä haasteita: Tavallisen, panssarintorjuntaan tarkoitetun ontelopanoksen vaikutus elävään voimaan perustuu enimmäkseen panssarin sirpaloitumiseen (spalling) sekä painevaikutukseen vaunun pienessä ja tiiviisti suljetussa miehistötilassa (taisteluvaunussa 2-3 kuutiometriä). Vaikka ontelopanos läpäisisikin kohtalaisen paksun betoniseinän vaivattomasti, saattaa jälkivaikutus olla riittämätön vihollisotilaiden lamauttamiseksi. Ero vaunujen tuhoamiseen on myös siinä, millaisen palautteen ampuja saa osumastaan. Vaunun tuhoutumisen havaitsee helposti, kun taas rakennuksen sisällä saattaa olla taistelukykyistä vihollista vielä lukuisten osumien jälkeen.

Ammukset eroavat teknisesti sytyttimen toiminnan suhteen. Panssarintorjunta-ammusten ontelopanoksen stand-off-etäisyys vaikuttaa kriittisesti läpäisytehoon. Siksi niissä on viiveetön iskusytytin, joka usein on ammuksen tai ohjuksen kärjessä erillisen tutkaimen päässä. Bunkkerin tuhoamiseksi tehokkain olisi sytytin, joka toimii vasta seinän läpäistyään tai aikaisintaan seinän sisällä. [22]

Asevalmistajat ovat tarjonneet kolmenlaisia ratkaisuja edellämainittuihin haasteisiin. Ensimmäisenä vaihtoehtona pyritään tuhoamaan suuri osa seinää tai eturakennetta, jonka jälkeen vihollinen on käsiasein ja käsikranaatein tuhottavissa. Tämä tulos on kuitenkin vaikea saavuttaa mieskohtaisella, kannettavalla järjestelmällä.

Toiseksi, on pyritty kehittämään ammus, jossa iskuenergian tai etupanoksen avulla tehdystä reiästä kulkee sekundääriräjähde, teholtaan isoa käsikranaattia vastaava, joka lamauttaa vihollisen.

Kolmas ja varteenotettavin ratkaisu ovat niin sanotut termobaariset ammukset (thermobaric warheads). Taistelukärki sisältää etupanoksen, jolla saadaan aerosoliräjähdysaine leviämään rakennuksen sisään. Syntynyt aerosolipilvi räjäytetään toisella panoksella sopivalla viiveellä. Syntyy tappava lämpö- ja paineaalto (*lat* thermo=lämpö, baros=paine). Tällaisia aseita ovat mm. venäläinen RPO-SHMEL, joka on ollut palveluskäytössä jo vuodesta 1984 sekä amerikkalaisten käyttämä SMAW, johon saatiin NE (novel explosive)-ammus varta vasten Irakin asutuskeskustaisteluihin. Kummallakin aseella on taisteluraporttien mukaan pystytty romahduttamaan yksikerroksinen rakennus yhdellä laukauksella. [22],[35],[37]



KUVA 46: RPG-singon termobaarinen ammus TBG-7V. [57]



KUVA 47: RPO-SHMEL. [37] KUVA 48: SMAW. [35]

Asiaan on kaksi vastakkaista lähestymistapaa: Voidaan kehittää kaksi- tai monikäyttöisiä aseita, jotka kykenevät erilaisiin tehtäviin taistelukentällä säilyttäen kuitenkin suorituskykynsä panssaroituun maaliin parhaimpana. Ruotsalainen NLAW on tällainen ase: se antaa mahdollisuuden valita suora hyökkäys (Direct Attack) OTA-toiminnon sijaan, kun maalina on rakennus tai pesäke.

Toinen lähestymistapa on tehdä erilaisia aseita eri rooleihin; on panssarintorjunta-aseita ja rakennustentuhoamisaseita. Briteissä on lähestytty tätä näkemystä: Iso-Britannian puolustusministeriö teki helmikuussa 2006 sopimuksen Dynamit Nobel Defencen kanssa uuden rakennustentuhoamisaseen ASM:n (Anti-Structures Munition) kehityksestä ja valmistuksesta. [22]

Kompromissi näiden kahden näkökulman välillä on tehdä yhdelle aseelle erilaisia ampumatarvikkeita. Tämä saattaa olla kustannuksiltaan tehokasta, mutta puhutaan tosiaankin vain kompromissista, jossa kumpaankaan vaatimukseen (vaunun tai bunkkerin tuhoaminen) ei voida panostaa täysillä. Ideaalitilanteessa olisi toki parasta olla joka tilanteeseen spesifi ase, mutta jalkaväkisotilaan arki on usein kaukana ideaalista.

Kansainvälisesti asiasta vallitsee jonkinlainen konsensus, jossa ollaan valmiita tyytymään monikäyttöiseen aseeseen. Järjestelmän valintaan vaikuttaakin juuri se, miten paljon painoarvoa annetaan panssarintorjuntateholle bunkkerin tuhoamisvaikutuksen kustannuksella ja päinvastoin. [22]

3.3.1 Sinkoaseet

Kertasingot

Uusia kevyitä kertasingoja ei tule palveluskäyttöön lähivuosina, mutta ne säilyvät palveluskäytössä ns. jokaisen taistelijan järjestelminä. Lähitulevaisuuden kehitys tulee olemaan lähinnä olemassa olevien asejärjestelmien modifiointia. Nykyisin käytössä oleviin järjestelmiin tullaan kehittämään tehokkaampia taistelukärkiä. Monitoimiammukset, thermobaric-taisteluosat ja erilaiset seinää läpäisevät ammukset tulevat yleistymään. [6],[9]

Nykyiset raskaat kertasingot tulevat poistumaan 2020-lukuun mennessä käytöstä, ellei niihin kehitetä Tandem-, eli kaksoisontelolaukausta. Muutamia uusia aseita tulee palveluskäyttöön lähivuosina, kuten ALCOTAN-100 ja SHIPON. [6],[9]

Pitkällä aikavälillä ero raskaiden ja kevyiden kertasingojen välillä pienenee. Kertasingot tulevat olemaan monikäyttöaseita, joiden kaliiperi on noin 100mm. Niiden paino pysyy alle 10:ssä kilogrammassa.

Ruotsalainen AT-4 on esimerkki monikäyttöaseesta. 84 mm:n kaliiperin, 300 metrin tehokkaan ampumaetäisyyden ja 7,6 kg:n painon perusteella se voitaisiin luokitella keskiraskaaksi kertasingoksi. Sille on kehitetty HEAT, HP (High Penetration) ja CS (Confined Space) ampumatarvikkeet. Yhdysvaltain maavoimat onkin korvannut M72 LAW-kevyen kertasingon AT-4:llä (U.S. Army M136). [60]

2000-luvun kertasingoilla on mahdollista ampua sisätilasta ja niiden ampumatarvikkeilla on tehoa jalkaväkeä, rakennuksia ja panssarivaunuja vastaan. [6],[9]

Singot

Kevyet singot tulevat säilyttämään asemansa jalkaväen tulitukiaseina myös tulevaisuudessa. Ampumatarvikkeita kehittämällä pystytään saavuttamaan vaikutuskyky reaktiivipanssaroiuihin vaunuihin ja muunlaisiin maaleihin. [9] Osumatarkkuutta parannetaan keveillä laskintähtäimillä ja pitkällä aikavälillä jopa ammunnanhallintajärjestelmillä, joissa tiedonvaihto ampumatarvikkeen kanssa ennen laukaisua on mahdollista. [6]



KUVA 49: Panzerfaust 3 edustaa uusinta sinkoteknologiaa. [4]

3.3.2 Panssarintorjuntaohjukset

Alun perin panssarintorjuntaohjukset kehitettiin puolustukselliseksi pst-aseiksi. Käytännössä se ei kuitenkaan ole ollut niiden yleisin käyttötapa. Niitä on käytetty 1980-luvun alun jälkeen 28:ssa merkittävässä taistelussa, joista vain yhdessä niitä käytettiin puolustuksellisessa pst-operaatiossa ja kuudessa taistelussa hyökkäyksessä. Lopuissa 21:ssä taistelussa pst-ohjusten kohteina olivat panssarivaunujen sijaan muun muassa panssaroimattomat ajoneuvot, kuorma-autot, rakennukset, savimajat, bunkkerit, luolat, veneet ja jopa yksittäiset tarkka-ampujat. [22]

Yhdysvallat otti Irakin operaatioon kolme kertaa niin paljon Javelin-ohjuksia kuin TOW-ohjuksia, mutta taisteluiden aikana Javelin-ohjuksia ammuttiin 980 ja TOW-ohjuksia 5500 kappaletta. Yhdysvaltain Puolustusministeriö onkin alkanut käyttää pst-ohjuksista nimitystä lähitaisteluohjusjärjestelmä (close combat missile system). [22]

Edellä mainittu ero eri sukupolven ohjusjärjestelmien käytön lukumäärän välillä kertoo niiden roolien muuttumisesta kyseisen tyypin konflikteissa; Suoraan tähtäyslinjaa pitkin lentävä toisen sukupolven ohjus (SACLOS) on tarkoituksenmukaisempi tuhoamaan puolikova, kylmä ja ”halpa” maali, kuin

lämpöhakupäällä varustettu korkealla lentoprofiililla lähestyvä kolmannen sukupolven pst-ohjus.

Pst-ohjusteknologian kehityksen kärjessä 2000-luvun alussa ovat Yhdysvallat ja Israel. Eurooppalaisilta puuttuu vielä oma kolmannen sukupolven pst-ohjusjärjestelmä. Ohjusten tutkimus- ja kehitystyötä toteutetaan Euroopan Unionissa tyypilliseen monikansalliseen tapaan. Edellisessä luvussa mainitun MILAN-järjestelmän kehittämishanke 2000-luvun jälkipuoliskolla on malliesimerkki tästä: Saksalaisen ohjusvalmistajan MBDA:n johtamassa projektissa MILAN ADT ER:n osajärjestelmiä, kuten matkamoottoria, ohjausyksikköä ja taistelukärkeä, kehitetään erillisinä projekteinaan useissa eri maissa. [21]

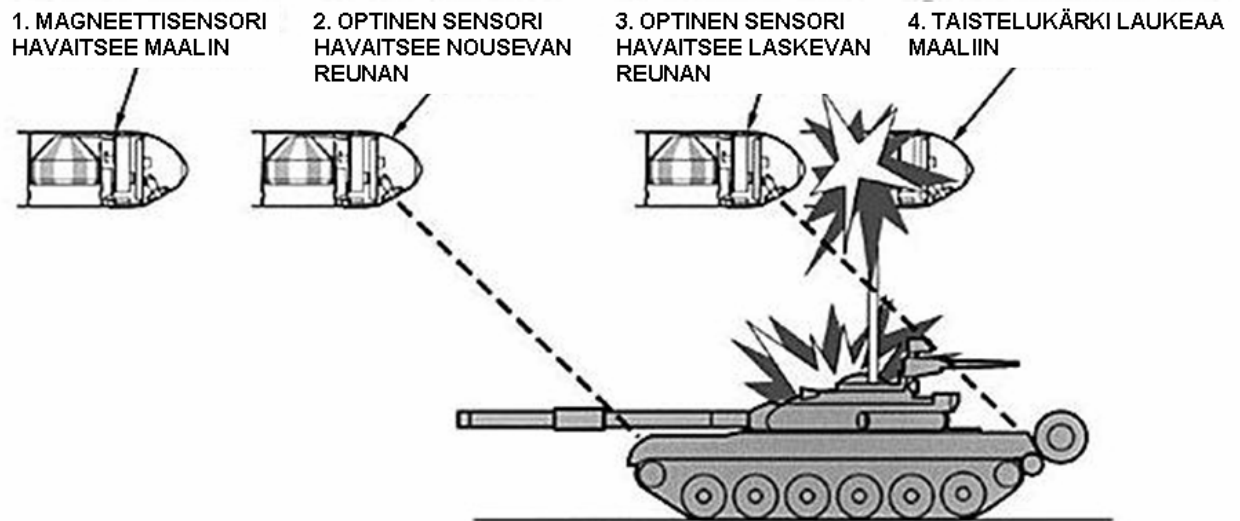
Ranskan asevoimat uudistaa keskitorjunta-alueen pst-ohjusjärjestelmänsä. Ranskalaisten viranomaisten mukaan MILAN'in lisäksi ainoat varteenotettavat vaihtoehdot ovat SPIKE ja JAVELIN.

Yhdysvaltalaisen Raytheonin Javelin-pstohjusjärjestelmän uusimmassa kehitysversiossa (Block 1) on kehitetty ohjuksen ja laukaisuyksikön ohjelmia sekä lyhennetty ohjuksen lentoaikaa kehittämällä matkamoottoria. Sen lisäksi ohjuksen taistelukärkeä on modifioitu sopimaan muidenkin maalien kuin panssarivaunujen tuhoamiseen. [42]

Venäjä ja Kiina kehittävät toisen sukupolven SACLOS-ohjusjärjestelmiään. Niissä kehityskohtina ovat tähtäinten optroniikka, häirinnän sieto ja taistelukärjen läpäisy. Kornet-E:n läpäisy on jopa 1200 mm RHA. Panssarintorjunta-aseiden tutkimus- ja kehitystyön painopiste onkin ajoneuvoasenteisissa järjestelmissä, kuten Krhizantema. [4]

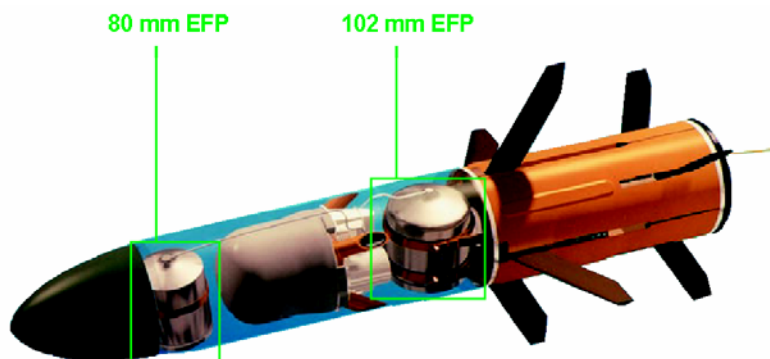
Top Attack-ohjusten ongelma on eräänlainen lähikatve: ohjus ei lähelle ammuttaessa ehdi saavuttaa sellaista lentokorkeutta, että sen tulokulma maaliin nähden olisi riittävän jyrkkä katto-osuman saavuttamiseksi. [15]

Toisen sukupolven pst-ohjuksien tehoa on alettu päivittää OTA-ominaisuudella. Ohjukset lentävät 1 – 2 metriä tähtäyslinjan yläpuolella. Taistelukärjessä olevat sensorit havaitsevat maalin alapuolellaan jolloin yksi tai kaksi räjähtämällä muotoutuvaa ammusta (EFP) iskee vaunun kattopanssariin.



KUVA 50: PREDATOR-ohjuksen toimintaperiaate. Kuva muokattu. [4]

Yksi ensimmäisistä OTA-ohjuksista oli TOW 2B, joka lentää 1,5 metriä tähtäyslinjan yläpuolella ja saadessaan optisen ja magneettisen herätteen alapuolellaan olevasta vaunusta, se laukaisee kaksi räjähtämällä muotuvaa ammusta vaunun kattoon. Tällainen kaksoispanos on suunniteltu reaktiivipanssaroituja vaunuja vastaan. Saabin valmistama BILL-2 on toimintaperiaatteeltaan ja rakenteeltaan samanlainen. BILL 2 voidaan ampua myös suoraan tähtäyslinjaa pitkin iskusytyttimellä toimien (pehmeät maalit) tai ylilentoradalla magneettisensori pois kytkettynä (puolikovat maalit). [4]



KUVA 51: BILL 2 rakenne.[72]



KUVA 52: TOW2B-ohjuksen toiminta. [4]

1990-luvun jälkeen valmistetuissa toisen sukupolven pst-ohjuksissa ohjuksen lähettämä infra-punasäteily on moduloitu IR-häirinnän estämiseksi. [5]

1990-luvulla kehitettiin OTA-periaatteella toimivia lähitorjunta-alueen pst-järjestelmiä. OTA-ammus vaatii toimiakseen suoran lentoradan, kuten kuvasta 50 voidaan havaita. Singon ontelokranaatti tai -raketti ei sovellu tähän ballistisen lentoratansa vuoksi. Asia on toteutettu järjestelmillä, jotka ulkoisesti näyttävät raskailta kertasingoilta, mutta sisältävätkin matkamootorilla varustetun ohjuksen. 2000-luvun alussa on operatiivisessa käytössä kaksi tällaista asetta: Lockheed Martinin PREDATOR ja Saab Bofors Dynamicsin NLAW. Edellinen on palveluskäytössä Yhdysvaltain Merijalkaväessä, jälkimmäinen Brittein maavoimilla. [4]

Uusin järjestelmä, joka ei ole vielä operatiivisessa käytössä, on Israelilaisen Rafaelin SPIKE SR - sittemmin MATADOR AS/MP - lähipst-järjestelmä, jonka ohjus lentää suoraan tähtäyslinjalla. [65]

NLAW ja PREDATOR toimivat samalla tavalla: Ampuja seuraa maalia 3 sekuntia ja laukaisee ohjuksen. Ohjuksessa oleva inertiyksikkö havaitsee liikkeen ja laukaisun jälkeen lennättää ohjuksen maalin oletettuun sijaintiin. Ohjus lentää noin 2,5 - 3 metriä tähtäyslinjan yläpuolella ja laukaisee EFP:n vaunun kattoon (ks. KUVA 52). Järjestelmissä on mahdollisuus ampua myös tähtäyslinjaa pitkin pehmeisiin maaleihin. Molempien järjestelmien tehokas ampumaetäisyys on 600 metriä. [4]



KUVA 53: NLAW-järjestelmä. [73]

Matkamootorin ansiosta etäisyyden arvioinnissa tehdyillä mahdollisilla virheillä ei ole suurta merkitystä. Heikkoutena asejärjestelmissä on yksittäispanoksesta johtuva heikko teho raskasta reaktiivipanssaria kohtaan. NLAWia voidaan tosin valmistaa myös kaksoispanoksellisena versiona. [4]

3.4 Johtopäätökset

Sinkoaseet kehittyvät monikäyttöaseiden suuntaan. Tulee olemaan vain yhdenkokoisia kertasinkoja, kun kevyiden ja raskaiden kertasinkojen ero kapenee. Taistelukärjen panssarinläpäisyominaisuuksien parantamisen sijaan panostetaan läpäisyn jälkeiseen vaikutukseen. Tehokasta ampumaetäisyyttä pyritään kasvattamaan parantamalla osumatarkkuutta erilaisilla laskintähtäimillä ja muulla optiikalla. Tehokas ampumaetäisyys kertasingoilla lienee 2020-luvulla noin 500 metriä.

Raskaat singot poistuvat käytöstä niiden suuren koon ja painon vuoksi. Kevyisiin sinkoihin kehitetään yhä tehokkaampia ja monipuolisempia ampumatarvikkeita. Ne tulevat säilymään ja kehittymään, etenkin Euroopassa ja Venäjällä.

Lähialueen panssarintorjunnassa yleistyvät uudentyyppiset järjestelmät, joissa taistelukärjen kohteeseen kuljettaa matkamoottorilla ja inertiaohjauksella toimiva yksinkertainen ohjus. Kalliin hinnan ja monimutkaisen teknologian vuoksi niitä käytettäneen vain länsimaisissa LIC-operaatioissa. Vain halvat kertasingot sopivat massamaiseen käyttöön.

Panssarintorjuntaohjusten alalla pyritään kehittämään jo olemassaolevia toisen ja kolmannen sukupolven panssarintorjuntaohjusjärjestelmiä. Toisen sukupolven pst-ohjusjärjestelmien osajärjestelmiä, kuten tähtäinoptroniikkaa ja ohjuksia, kehitetään taistelutehon ylläpitämiseksi. OTA-ohjukset sekä monikäyttöohjukset yleistyvät. Taistelukärkien läpäisytehoa ei nykyteknologialla voida enää merkittävästi parantaa. Siksi on pyrittävä iskemään panssarivaunujen kattopanssariin. Toisen sukupolven pst-ohjusten ohjautusjärjestelmästä johtuen tämä on toteutettavissa ainoastaan OTA-ohjuksin. Kolmannen sukupolven ohjukset

Olemassaolevien toisen ja kolmannen sukupolven ohjusjärjestelmien hankinnat ja päivitykset kertovat siitä, että niiden tehon panssaroitujen kohteiden tuhoamisessa uskotaan riittävän lähitulevaisuudessa. Harvat uutta teknologiaa kehittävät projektit eivät lupaa merkittäviä edistysaskelia, ainakaan avainteknologioiden osalta. Odotettavissa on pientä parannusta rakettimoottorien, ohjausautomaatiikan ja hakupäiden suorituskyvyssä.

Jalkaväen kannettavien pst-ohjusjärjestelmien kehitys etenee kolmeen suuntaan.

- Lähitorjunta-alueen OTA-pst-ohjukset, kuten NLAW, PREDATOR ja MATADOR
- Toisen sukupolven ohjusjärjestelmien päivittäminen: OTA-ohjukset, ohjusten ja järjestelmien suorituskyvyn ja häirinnän sietokyvyn kehittäminen
- Parannellun kolmannen sukupolven (3+) FF/FO Top-Attack-ohjukset

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Panssarintorjunta-aseella tuhotaan vaunu, jos:

- taistelukärki saavuttaa maalin ja toimii halutulla tavalla
- vaunun runko läpäistään halutusta kohdasta

Seuraavassa käsitellään näitä vaatimuksia edellisissä luvuissa saatujen johtopäätösten perusteella.

4.1 Taistelukärjen osuminen ja toimiminen

Sinkoaseiden ammusten ja muiden ohjaamattomien ammusten osumistodennäköisyyttä ei voida pienentää passiivisilla tai soft-kill-omasuojajärjestelmillä. Infrapuna- ja laserhäirintä sekä savutus toimii vain panssarintorjuntaohjusjärjestelmiä vastaan.

Ensimmäisen ja toisen sukupolven vanhimpia käytössä olevia pst-ohjusjärjestelmiä voidaan häiritä tehokkaasti. 1990-luvulla tai sen jälkeen valmistettuja toisen tai kolmannen sukupolven pst-ohjusjärjestelmiä voidaan häiritä sellaisilla laitteilla, jotka sokaisevat ampumalaitteen tähtäimen tai ohjuksen hakupään esimerkiksi laserilla. Multispektraalisavuilla voidaan häiritä kaikkia sellaisia ohjuksia, jotka vaativat näköyhteyden maaliin, joko näkyvän valon tai lämpösäteilyn aallonpituuksilla. IR-hakupäällä varustettua ohjusta, kuten JAVELIN, voitaneen häiritä voimakkaalla IR-häirintäsäteilijällä. Toistaiseksi tällaisia laitteita ei ole operatiivisessa käytössä, mutta lähitulevaisuudessa on varmasti.

Passiiviset suojatoimet, häirintä sekä aktiiviset tuhoamislaitteet edellyttävät toimiakseen ohjuksen havaitsemista. Useat venäläiset pst-ohjukset käyttävät laser-ohjausta. Ohjaussäde on helppo havaita. Sinkoaseet lähettävät voimakkaan ultraviolettiväläyksen, samoin useimpien pst-ohjusten lähtöpanokset ja –moottorit. Sinkoaseissa sen minimoiminen on mahdotonta, koska ontelokranaatti tarvitsee työntövoimansa palavan jo singon putkivaiheessa. Ohjuksissa UV-väläystä voidaan minimoida kehittämällä lähtöpanosta tai –moottoria. Katveesta ammuttua 3-sukupolven ohjusta on miltei mahdoton havaita ilman tutkaa.

Hard-kill-omasuojajärjestelmät tarvitsevat lähestyvän projektiilin tarkan sijainnin määrittämiseksi tutkaa. Onnistuneista koeammunnoista päätellen nykyiset

elektronisesti keilaavat tutkat pystyvät todellakin havaitsemaan lähestyvän ammuksen riittävän nopeasti. Koeolosuhteissa onnistuminen ei kuitenkaan takaa toimivuutta silloin kun alusta on liikkeessä vaikkapa rakennetulla alueella, jossa ympäröivät rakenteet ja kasvillisuus tuotaavat häiritsevää taustavälkettä. Tutkien kehittyessä on pst-ammusten häiveominaisuuksia parannettava havaitsemisen välttämiseksi. On myös mahdollista varustaa ammus jonkinlaisella tutkahäiritsijällä.

Hard-kill-järjestelmien vastatoimenpidelaitteiden toiminta-alue on ratkaiseva arvioitaessa niiden suorituskykyä. Vanhempien laitteiden, kuten DROZD, vertikaalinen suoja on hyvin rajallinen, joten TA- ja OTA-ammuksia vastaan ne eivät suojaa. Uusimpien laitteiden toimintaperiaatteita tarkasteltaessa voidaan todeta, ettei niilläkään voida saavuttaa täysin kattavaa suojaa yläkulmilta. Top Attack-ohjus, joka ammutaan riittävän kaukaa, on siten erittäin vaikeasti tuhottavissa.

4.2 Panssarin läpäisy

Kertasinkojen ontelokranaateilla ei kyetä läpäisemään taistelupanssarivaunua etusektorista, eikä siihen edes pyritä. Vaunu kylkiin ja perään saadaan läpäisy, ellei niitä ole suojattu ERA:lla tai muilla lisäpanssareilla. Sinkoaseiden läpäisyteho ei tule merkittävästi kasvamaan lähitulevaisuudessa.

Nykyaikaisella panssarintorjuntaohjuksella, jonka läpäisy on noin 1000 mm RHA, kyetään läpäisemään 1990-luvulla rakennetun tai sitä vanhemman taisteluvaunun runkopanssari kaikista suunnista. Kerrospanssaroinnin rakenteen ja käytettävien ei-metallisten väliaineiden kehitys johtanee siihen, että suoja suunnattua räjähdysvaikutusta vastaan kasvaa.

Inerttiä reaktiivipanssaria käytetään lisäpanssarina kevyemmissä vaunuissa. NERA:n ja kerroslisäpanssarin välinen ero hämärtyy, kun kerrospanssarin rakenteeseen sisällytetään läpäisyyn reagoivia materiaaleja.

Räjähtävä reaktiivipanssari tekee yhdellä ontelopanoksella varustetuista taistelukärjistä tehottomia. Pst-aseessa tulee olla siis kaksoisontelopanoksella varustettu taistelukärki.

Moderni raskas ERA-moduuli saattaa sisältää etulevyn, jonka suoja on niin hyvä, ettei joidenkin kaksoisontelopanoksella varustettujen pst-ammusten kärkipanos edes

läpäise niitä. Tällöin jouduttaisiin suurentamaan etupanoksen halkaisijaa, mikä edellyttäisi pääpanoksen pienentämistä tai ammuksen rakenteen muuttamista jollain toisella tavalla. 3:n sukupolven pst-ohjuksissa asia on kunnossa, mutta vanhemmissa ohjuksissa ei.

”Sirpaleeton” ERA, jossa ontelosuihkua kuluttavat levyt on tehty ei-metallisesta materiaalista, ei suojaa raskaimmilta pst-aseilta. Sitä tullaan käyttämään matalan intensiteetin konflikteissa ja asutuskeskustaisteluissa, joissa jalkaväen on toimittava vaunujen välittömässä läheisyydessä.

Erilaiset ritiläpanssarit tai tangot ovat kustannustehokas tapa suojata vaunuja tietyiltä pst-aseilta. Niillä saavutettava hyöty on kuitenkin varsin rajallinen etenkin vaakatason yläpuolelta tulevia projektiileja vastaan.

Merkavaa lukuunottamatta kaikissa nykyaikaisissa taitelupanssarivaunuissa on katolle sijoitettujen aseiden, tähystimien, luukkujen ja muiden rakenteiden vuoksi mahdotonta reaktiivipanssaroida kattoa kunnolla. Se tulee edelleen olemaan vaunun heikko kohta pst-aseiden näkökulmasta. Kevyen ERA:n vuoksi myös kattoon osuissa pst-ammuksissa tulee olla kaksoispanos.

4.3 Yhteenveto

Taistelupanssarivaunut tulevat säilymään operatiivisessa käytössä kaikissa nykyaikaisissa armeijoissa. Niiden lukumäärä tulee pienenemään lähitulevaisuudessa konventionaalisten konfliktien todennäköisyyden laskiessa. Kokonaan uusia taistelupanssarivaunuja ei tulla kehittämään ainakaan seuraavan vuosikymmenen loppuun mennessä. Olemassaolevia vaunutyypppejä päivitetään ja modernisoidaan erilaisilla lisäpanssareilla, koska olemassaolevan runkopanssarin muokkaaminen ei ole mahdollista. Taistelupanssarivaunujen suuren ominaispainon vuoksi ballistisen lisäpanssarin asentaminen tekee niistä liian raskaita, joten lähitulevaisuudessa keskitytään aktiiviseen lisäpanssariin.

Kehitystä ohjaavana tekijänä on länsimaiden sitoutuminen matalan intensiteetin konflikteihin, joissa suurimman uhan vaunuille muodostavat 1900-luvun loppupuolella valmistetut, lähinnä venäläisiin konstruktioihin perustuvat panssarintorjuntaohjukset

ja sinkoaseet. Panssarintorjunta-aseet ovat vaunuihin verrattuna yksinkertaisia järjestelmiä ja siksi niiden kehityssykli on huomattavasti nopeampi.

Tavanomaiseen sodankäyntiin tarkoitettujen taisteluvaunujen panssarointi ERA-moduuleineen tulee kehittymään niin vahvaksi, että vain OTA-ammuksilla ja kolmannen sukupolven pst-ohjuksilla saavutetaan varma läpäisy.

Soft-kill-omasuojajärjestelmät antavat suojaa ohjuksilta sillä edellytyksellä, että ohjuksen laukaisu ja/tai lähestyminen havaitaan. Ne eivät toimi ohjaamattomia ammuksia vastaan, niiden torjuminen onnistuu ainoastaan hard-kill-järjestelmältä. Ensimmäiset hard-kill-periaatteella toimivat aktiiviset omasuojajärjestelmät kypsyvät operatiiviseen käyttövalmiuteen 2010-luvulla. Kaikki järjestelmät eivät sovi kaikille alustoille; Todennäköisesti venäläiset APS:t sopivat vain venäläistyyppisiin vaunuihin, länsimaiset järjestelmät lienevät universaalimpia. Vasta käytännön kokemukset tulevat osoittamaan niiden toimivuuden eri aseita vastaan sekä soveltuvuuden erilaisiin taisteluolosuhteisiin.

Panssarintorjunta-aseiden tutkimus- ja kehitystyö ei tällä hetkellä pyri vastaamaan kehitteillä oleviin panssarivaunujen omasuojajärjestelmiin. Sen sijaan vaatimus pystyä vaikuttamaan muihin kuin panssaroituihin maaleihin ohjaa lähitulevaisuudessa pst-aseiden kehitystä. Vallitsevassa tilanteessa uusimmat pst-aseet pystyvät tuhoamaan parhaiten suojatun taistelupanssarivaunun. Siksi on "varaa" panostaa toissijaisiin ominaisuuksiin, kuten rakenteiden tuhoamiskykyyn.

Nykyaikaisen panssarintorjunta-aseen suorituskyky on panssarivaunun suojaa edellä, kunnes toimiva hard-kill-järjestelmä saadaan valmistettua.

Tutkimuksen tekohetkellä ainoa yhden miehen kannettavissa oleva järjestelmä, jolla pystytään tuhoamaan modernilla rs-ERA:lla panssaroitu taistelupanssarivaunu olisi kaksois-EFP:llä varustettu lähipanssarintorjuntaohjus.

Ryhmäkohtaisista aseista samaan kykenevät kaikki 3:n sukupolven pst-ohjukset sekä ne 2:n sukupolven OTA-ohjukset, joissa on kaksois-EFP-panos.

Seuraavista aiheista on suoritettava lisätutkimusta:

- Räjähämällä muotoutuvan ammuksen läpäisy ja teho reaktiivipanssariin.
- Rynnäkövaunujen ja muiden kevyempien vaunujen suoja pst-aseilta.
- Ohjuksien hakupään häirintä laser/IR-häirinnällä.

LÄHTEET

1. JULKAISTUT LÄHTEET

- [1] Courtney-Green, P.R.: Brassey's Ammunition for the Land Battle, 1991.
- [2] Jane's Armour and Artillery 2005 – 2006, Jane's Information Group Ltd, 2005.
- [3] Jane's Armour and Artillery Upgrades 2005 – 2006, Jane's Information Group Ltd, 2006.
- [4] Jane's Infantry weapons 2005 – 2006, Jane's Information Group Ltd, 2005.
- [5] Kosola, Jyri; Solante, Tero: Digitaalinen taistelukenttä, 2. Painos, 2003.
- [6] Teknologian kehitys – Sotatekninen arvio ja ennuste 2020, STAE 2020 osa 1 ja 2, 2004.
- [7] Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas, Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, 2001.
- [8] Sotatekninen arvio ja ennuste, STAE 1998, osa 2
- [9] Taisteluvälineet 2020, TeknL:n julkaisusarja 1 n:o 10/2002.
- [10] Teknisen kehityksen seurantaraportti, Puolustusvoimien tutkimuskeskus, 1996.
- [11] U.S. Army Field Manual FM 3-21.71, Appendix F: Javelin employment, 20.8.2002
- [12] Winchester, Jim: Tanks and armored fighting vehicles of WW 2, 2004.

2. KIRJALLISUUS JA OPINNÄYTTEET

- [13] Rantakari, Riku: Panssarivaunujen uhanvaroittimet ja aktiiviset suojajärjestelmät sekä niiden käyttötarve panssarikalustossamme, tutkielma 2001.
- [14] Sormunen, Jari: Panssarintorjuntataistelun kuva 2010-luvulla ja sen asettamat vaatimukset prikaatiemme panssarintorjunnalle, 1997.

3. JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET

- [15] Huhtala, Kyösti: Ohjusjärjestelmät nyt ja tulevaisuudessa, PvMatLEel-os, 11.1.2002
- [16] MERKAVA-TAISTELUPANSSARIVAUNUN BALLISTISEN SUOJAN ARVIOINTI, Tutkimusraportti, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, 4.1.2007.

4. ARTIKKELIT

- [17] Austin, Laurie; Gorenc, Louis: Armor 101. Armor, 7/2006. [9] Ben-David, Alon: ATGM threat poses a quandry for IDF armour. Jane's Defence Weekly, 16.8.2006.
- [18] Bostock, Ian: Australian Army prepares for arrival of Abrams MBTs. JDW, 27.9.2006.
- [19] Eshel, David: Lebanon 2006: Did Merkava Challenge Its Match?, ARMOR 1-2/2007
- [20] Foss, Cristopher F: First locally built Leopard 2 HEL delivered. JDW 11.10.2006.
- [21] Foss, Cristopher F: MBDA completes MILAN ADT ER missile test firing. JDW 15.11.2006.
- [22] From Anti-Tank to Multi-Purpose Infantry Systems, Military Technology – MILTECH – 4/2006.
- [23] Hazell, Paul J.: The Development of Armour materials. MILTECH – 4/2006.
- [24] Heiskanen, Seppo. Sotilasaikakauslehti 2/2006 s.58
- [25] Hodge, Nathan: The future of heavy armour. JDW, 4.10.2006.
- [26] Hughes, Robin: Rosoboronexport details Algerian T-90 acquisition, JDW, 19.7.2006.
- [27] Hughes, Robin: Shield of David. Jane's Defence Weekly, 24.5.2006.
- [28] Meyer, Tom J: Active Protection Systems: Impregnable armor or simply enhanced survivability, ARMOR 5/1998.
- [29] Ogorkiewicz, R M: Shifting focus: armoured vehicle protection adapts to new threats, JIDR, 2/2007.

- [30] Opall-Rome, Barbara: "Protective Bubbles", C4ISR 8/2006, s.23-24.
- [31] Russian Armour for the International Market, Military Technology – MILTECH – 7/2006.
- [32] Szulc, Tomasz: Up-Armouring, The Russian Approach, Military Technology – MILTECH – 4/2006.

5. MUUT LÄHTEET:

Ohjesäännöt ja oppaat:

- [33] Nykyaikainen taistelupanssarivaunu, Taistelukoulu, 1985.

Internet-lähteet:

- [34] <http://en.wikipedia.org/wiki/fcs>
- [35] http://en.wikipedia.org/wiki/shoulder_launched_multipurpose_assault_weapon
- [36] <http://en.wikipedia.org/wiki/T-34>
- [37] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermobaric_weapon
- [38] <http://files.turbosquid.com>
- [39] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Chobham-armour>
- [40] <http://fi.wikipedia.org/wiki/kovuus>
- [41] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Ontelokranaatti>
- [42] <http://investor.raytheon.com/phoenix.html> 22.01.2007
- [43] www.afrlhorizons.com/briefs/Dec04/MN0407.html
- [44] www.armor.kiev.ua
- [45] www.army.mil
- [46] www.army.mil/fcs
- [47] www.army.technology.com/projects/t-90
- [48] www.conjay.com
- [49] www.defense-update.com/features/du-1-04/passive-armor.htm
- [50] www.defense-update.com/newscast/0107/news/090107_eryx.htm
- [51] www.defense-update.com/newscast/0107/news/110107_spike.htm
- [52] www.defense-update.com/products/a/arena.htm
- [53] www.defense-update.com/products/m/muss.htm
- [54] www.defense-update.com/products/t/trophy.htm

- [55] www.defense-update.com/products/s/shtora-1.htm
- [56] www.defense-update.com/products/s/slat-stryker.htm
- [57] www.defesanet.com.br
- [58] www.dn-defence.com/en/index_2.html
- [59] www.globalsecurity.org/military/systems/ground/fcs.htm
- [60] www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/at-4
- [61] www.haditechnika.hu
- [62] www.historicreproductions.com/assets/largepix/recoilaf_1x.jpg
- [63] www.modell-bau.at
- [64] www.morozov.com.ua/images
- [65] www.rafael.co.il/marketing/area.aspx?FolderID=342&docID=1333
- [66] www.spartacus.schoolnet.co.uk
- [67] www.theeasternfront.com
- [68] www.univer.omsk.su.bmp
- [69] www4.army.mil/amp/index2.php?video_items_id_key=2079

Muut lähteet:

- [70] TL Jukka Merikosken haastattelu 23.1.2007, muistiinpanot tekijän hallussa.
- [71] TL Jukka Merikosken haastattelu 14.2.2007, materiaali ja muistiinpanot tekijän hallussa.
- [72] BILL 2:n esite, Saab Bofors Dynamics
- [73] NLAW:n esite, Saab Bofors Dynamics
- [74] Laaksonen, Ari, majuri: ADS-koonnos, word-asiakirja, Panssariprikaati, 2006.

LYHENTEET

LYHENNE	Selite
APS	Active Protection System
AP	Armour Piercing
AT	Anti-tank
BHN	Brinell Hardness Number
CLARA	Composite Light Adaptable Reactive Armour
EFP	Explosively Formed Projectile = Räjähämällä muotoutuva ammus
EMM	European Modular Munition
ERA	Explosive Reactive Armour = Räjähävä reaktiivipanssari
FCS	Future Combat System
FF/FO	Fire and Forget / Fire and Observe
FRES	Future Rapid Effect System
HEAT	High Explosive Anti Tank
HHA	High Hardness Armour
HOT	Haut subsonique Optiquement Teleguide = Korkea-yliääninen optisesti ohjattu (pst-ohjus)
IDF	Israel Defence Forces
JCM	Joint Common Missile
LIC	Low Intensity Conflict
MACLOS	Manual Command Line-Of-Sight
MGS	Mounted Gun System
NERA	Non-Explosive Reactive Armour
OTA	Over-fly Top Attack
PIAT	Projector, Infantry, Anti Tank
RHA	Rolled Homogenous Armour = Homogeeninen panssariteräs
RPG	Ruchnoy Protivotankovy Granatomyot = kannettava panssarintorjunta-kranaattilaukaisin
SACLOS	Semi-Automatic Command Line-Of-Sight
SMAW	Shoulder-launched Multi-purpose Anti-tank Weapon
TA	Top Attack
TOW	Tube-launched Optically tracked Wire-guided missile